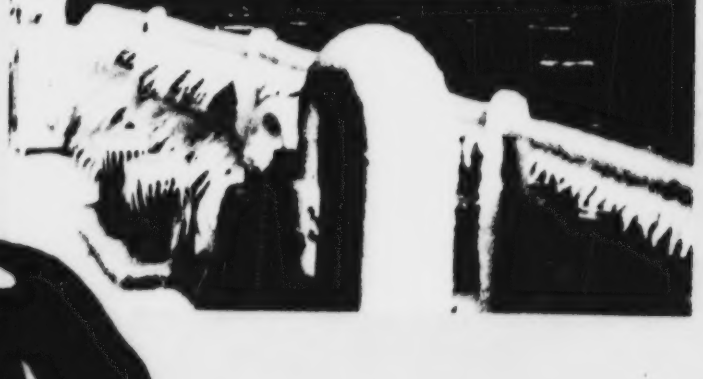
Environment Canada
Atmospheric Environment Service

Environnement Canada
Service de l'environnement atmosphérique

GREAT LAKES CLIMATOLOGICAL ATLAS



ATLAS CLIMATOLOGIQUE DES GRANDS LACS

Canada

GREAT LAKES CLIMATOLOGICAL ATLAS

Corrections

Please make the following corrections to pages 57 and 95.

Page 57

Percent Frequency of a 5 knot range by direction (ie 2.5% of winds are from the North at 5-10 knots).

Page 95

The Good Shipping Weather graph summarizes the frequency of conditions considered to be good for marine transportation. Good shipping weather is considered to occur whenever the winds are less than 25 knots and the visibility is better than 2 nautical miles.

ATLAS CLIMATOLGIQUE DES GRANDS LACS

Corrections

Veuillez s'il vous plait apporter les changements suivants aux pages 57 et 95.

Fréquence en pourcentage des vents par plage de 5 noeuds et la direction (par ex. 2.5% des vents du nord sont de 5 à 10 noeuds).

Catégorie	Vitesse d'accumulation de la glace
aucune accumulation	< 0,5 mm/h
accumulation légère	0,5 à < 1,25 mm/h
accumulation modérée	1,25 à < 2,5 mm/h
accumulation forte	2,5 à < 6,25 mm/h
accumulation extrême	6,25 mm/h et plus

Les graphique sur les conditions météorologiques favorables à la navigation indique la fréquence des conditions météorologiques jugées favorables au transport maritime. On considère que les conditions météorologiques sont favorables à la navigation lorsque la vitesse des vents est inférieure à 25 noeuds et que la visibilité est supérieure à 2 milles marins.

Environment Canada | Environnement Canada
Atmospheric Environment Service | Service de l'environnement atmosphérique

GREAT LAKES CLIMATOLOGICAL ATLAS

ATLAS CLIMATOLOGIQUE DES GRANDS LACS

Andrej Saulesleja

© Minister of Supply and Services Canada 1986

Available in Canada through

Authorized Bookstore Agents
and other bookstores

or by mail from

Canadian Government Publishing Centre
Supply and Services Canada
Ottawa, Canada K1A 0S9

Catalogue No. En56-70/1986
ISBN 0-660-53211-5

Canada: $ 9.95
Other countries: $11.95

Price subject to change without notice.

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1986

En vente au Canada par l'entremise de nos

agents libraires agréés
et autres librairies

ou par la poste au:

Centre d'édition du gouvernement du Canada
Approvisionnements et Services Canada
Ottawa, Canada K1A 0S9

N° de catalogue En56-70/1986
ISBN 0-660-53211-5

au Canada: $ 9.95
à l'étranger: $11.95

Prix sujet à changement sans préavis.

ACKNOWLEDGEMENTS

This publication was made possible only through the sustained effort and interest of many individuals and agencies. For this, from the Canadian Climate Centre, Mr. Donald G. Massey performed additional quality control of the marine data, and utilized the climate analysis systems to produce charts and graphs; Mr. George J. Irbe compiled and analysed the lake surface temperature data; Mr. William Johnson designed the cover; Mr. David W. Phillips reviewed the charts; Ms. Linda Mortsch and other individuals provided many valuable comments and advice. Ice charts were provided by Mr. Philip W. Cote of the Ice Centre in Environment Canada. The efforts of all those individuals involved with the laying out, drafting, typing and other tasks is gratefully acknowledged. However, without the observations recorded by voluntary observers serving on ships, much of these analyses would not have been possible. Many thanks to all who have contributed to this publication.

— Andrej Saulesleja (editor)

REMERCIEMENTS

La publications du présent document a été rendue possible grâce aux efforts et à l'intérêt soutenus de plusieurs personnes et organismes. Signalons la collaboration des personnes suivantes du Centre climatologique canadien : M. Donald G. Massey qui a procédé à un contrôle supplémentaire de la qualité des données maritimes et produit des cartes et des graphiques à l'aide des systèmes d'analyse du climat; M. George J. Irbe qui a rassemblé et analysé les données sur la température à la surface des lacs; M. William Johnson qui a conçu la page couverture; M. David W. Phillips qui a révisé les cartes; Mme Linda Mortsch et bien d'autres dont les observations et les conseils ont été très utiles. Les cartes sur les glaces ont été fournies par M. Philip W. Cote du Centre des glaces d'Environnement Canada. Les efforts de nombreuses personnes, en traduction, traitement de texte et graphisme sont aussi méritoires et, il faut ajouter que, sans les observations recueillies à bord des navires par des observateurs bénévoles, il aurait été impossible de faire la plupart de ces analyses. Sincères remerciements donc à tous ceux qui ont contribué à la présente publication.

— Andrej Saulesleja (rédacteur)

Photo Credits:

Front Cover: (Clockwise from the top left)
1, 2 & 4 Courtesy Canada Centre for Inland Waters
3 Courtesy National Film Board

Back Cover:
1 Courtesy C.J. Leyten, Atmospheric Environment Service
2, 3 & 4 Courtesy Canada Centre for Inland Waters

Photos

Page de couverture: (Dans le sens des aiguilles d'une montre à partir du haut à gauche)
1, 2 & 4 Photographie du Centre Canadien des Eaux intérieures
3 Photographie de l'Office national du film

Dernière page: (couverture)
1 Photographie C.J. Leyten, Service de l'environnement atmosphérique
2, 3 & 4 Photographie du Centre Canadien des Eaux intérieures

GREAT LAKES CLIMATOLOGICAL ATLAS
TABLE OF CONTENTS

Page

Acknowledgements

I **INTRODUCTION** 1

1. About the Data 2
2. Air Temperatures 4
3. Humidity 4
4. Water Temperatures 5
5. Winds 5
6. Waves 7
7 Fog, Mist, and Other Obstructions to Visibility .. 7
8. Precipitation 8
9. Cloud Cover 8
10. Ice Cover 9
    - 10.1 Ice Regime — Lake Superior 9
    - 10.2 Ice Regime — Lake Michigan 10
    - 10.3 Ice Regime — Lake Huron and Georgian Bay 11
    - 10.4 Ice Regime — Lake Erie (Including Lake St. Clair) 12
    - 10.5 Ice Regime — Lake Ontario 13

II **CHARTS**

1. Monthly Mean Air Temperature 15
2. Monthly Mean Water Temperatures 29
3. Ice Cover Maps 43
4. Winds and Waves 57
    - 4.1 Seasonal Mean Winds
    - 4.2 Seasonal Wind Roses
    - 4.3 Seasonal Frequency of Wave Heights
5. Visibility 75
6. Precipitation 81
7. Cloud Cover 87

ATLAS CLIMATOLOGIQUE DES GRANDS LACS
TABLE DES MATIÈRES

Page

Remerciements

I **INTRODUCTION** 1

1. Au sujet des données 2
2. Températures de l'air 4
3. Humidité 4
4. Températures de l'eau 5
5. Vents 5
6. Vagues 7
7. Brouillard, brume et autres obstacles à la visibilité 7
8. Précipitations 8
9. Couverture nuageuse 8
10. Couverture de glace 9
    - 10.1 Régime des glaces — Lac Supérieur 9
    - 10.2 Régime des glaces — Lac Michigan 10
    - 10.3 Régime des glaces — Lac Huron et Baie Georgienne 11
    - 10.4 Régime des glaces — Lac Érié (y compris le lac St. Clair 12
    - 10.5 Régime des glaces — Lac Ontario 13

II **CARTES**

1. Moyenne mensuelle des températures de l'air ... 15
2. Moyenne mensuelle des températures de l'eau .. 29
3. Cartes de la couverture de glace 43
4. Vents et vagues 57
    - 4.1 Vents moyens saisonniers
    - 4.2 Roses des vents saisonnières
    - 4.3 Fréquences saisonnières de la hauteur des vagues
5. Visibilité 75
6. Précipitations 81
7. Couverture nuageuse 87

III GRAPHICAL SUMMARIES — LAKE AREAS . 92

The graphs listed immediately below have been produced for each of the lake areas which follow:

Air Temperature Water Temperature Air-Water Temperature Difference Humidity Wind Speed	These graphs show the Median, standard deviation about the mean, 95% limits and observed extremes in each month
Air Temperature Sea Temperature Wind Speed Wind Chill Wave Heights Freezing Spray Visibility Precipitation Cloud Cover Thunder Shipping Weather	These graphs depict the percentage frequency of occurrence of a climate element by magnitude, occurence and or type in each month

LAKE AREAS

1. Northern Lake Superior 97
2. Southern Lake Superior 101
3. Lake Superior Shipping Route — West 105
4. Lake Superior Shipping Route — East 109
5. Western Lake Michigan 113
6. Eastern Lake Michigan 117
7. Georgian Bay North Channel 121
8. Northern Lake Huron 125
9. Western Lake Huron 129
10. Eastern Lake Huron 133
11. Lake Erie 137
12. Lake Ontario 141

IV LIST OF REFERENCES 144

III SOMMAIRES GRAPHIQUES — ZONES DES LACS . 92

Les graphiques énumérés ci-dessous ont été produits pour chacune des zones de lacs indiquées plus bas.

Température de l'air Température de l'eau Écart entre la température de l'eau et celle de l'air Humidité Vitesse du vent	Ces graphiques indiquent, pour chaque mois, la moyenne, l'écart type, les extrêmes observés
Température de l'air Température de la mer Vitesse du vent Facteur de refroidissement du vent Hauteur des vagues Embruns se congelant Visibilité Précipitations Nébulosité Tonnerre Temps favorable à la navigation maritime	Ces graphiques illustrent la fréquence, en pourcentage, de l'élément du climat en termes d'importance, d'apparition ou de genre pour chaque mois

ZONES DES LACS

1. Nord du lac Supérieur 97
2. Sud du lac Supérieur 101
3. Voie de navigation du lac Supérieur — Ouest ... 109
4. Voie de navigation du lac Supérieur — Est 109
5. Ouest du lac Michigan 113
6. Est du lac Michigan 117
7. Canal du nord de la Baie Georgienne 121
8. Nord du lac Huron 125
9. Ouest du lac Huron 129
10. Est du lac Huron 133
11. Lac Érié 137
12. Lac Ontario 141

IV LIST OF REFERENCES 144

GREAT LAKES CLIMATOLOGICAL ATLAS

1. INTRODUCTION

The Great Lakes Climatological Atlas was over a decade in the making and involved the creative efforts of many individuals. The original concepts for the atlas were formed as early as 1972. Preliminary computer processing of data followed and was useful in providing reference information for the climate of the Great Lakes prior to an atlas. The earlier compilations revealed that there were many observations along shipping routes during the navigation season but otherwise reports were scarce — sometimes too scarce to provide a reasonable climatology.

Due to the sustained and diligent work of Port Meteorological Officers and Voluntary Observers, the number of observations made annually over the Great Lakes increased dramatically in the 1970's. In addition, new sources of data became available. Buoys were deployed by the U.S. Weather Service. In Canada, the Atmospheric Environment Service provided remotely sensed water temperature information at first from aircraft and then from satellites. Moreover, Marine Climate Information Systems (Saulesleja *et al.*, 1985) were developed within the Canadian Climate Centre which could readily produce tables, graphs and charts thereby providing tailored and easy access to climate data.

The purpose of this atlas is to present climatological analyses of the data in the form which is informative and useful to commercial shipping, recreational boaters, public and private institutions, educational and research organizations, and an interested general public. Any publication clearly cannot meet all the information needs of these individuals and organizations; however, this atlas is intended to answer the most common questions asked about winds, weather, and the sea state on the Great Lakes.

This atlas is a compilation of the observations and measurements of winds, waves, and weather elements made

ATLAS CLIMATOLOGIQUE DES GRANDS LACS

1 INTRODUCTION

La préparation de l'Atlas climatologique des Grands Lacs a demandé plus de dix années de travail et les efforts d'imagination de nombreuses personnes. L'idée de base de l'Atlas s'est développée dès 1972. On a ensuite procédé au traitement informatique préliminaire des données qui ont servi à fournir des renseignements de référence sur le climat des Grands Lacs avant la constitution d'un atlas. Les premières compilations ont révélé qu'il se faisait beaucoup d'observations le long des voies de navigation pendant la saison, mais que, par ailleurs, les comptes rendus étaient peu nombreux; trop peu parfois pour brosser un tableau juste de la climatologie.

Grâce au travail soutenu et assidu des agents de liaison météorologique des ports et des observateurs bénévoles, le nombre des observations annuelles dans les Grands Lacs a augmenté de façon spectaculaire pendant les années 70. Par surcroît, de nouvelles sources de données sont devenues disponibles. L'U.S. Weather Service a installé des bouées et, au Canada, le Service de l'environnement atmosphérique a fourni des renseignements sur la température de l'eau mesurée d'abord par des aéronefs, puis par satellite. De plus, les systèmes d'information sur le climat maritime (Saulesleja et al. 1985) mis au point au Centre climatologique canadien permettent de produire facilement des tableaux, des graphiques et des cartes et, partant, d'accéder facilement à des données climatologiques sur mesure.

Le but du présent Atlas est de présenter des analyses climatologiques des données sous une forme qui peut être instructive et utile pour la navigation commerciale, les plaisanciers, les établissements privés et publics, les organismes de recherche et d'enseignement et les intéressés parmi le grand public. Il est évident qu'une seule publication ne peut satisfaire à tous les besoins de ces personnes et organismes; toutefois, l'Atlas a été conçu afin de répondre à la plupart des questions les plus courantes au sujet des vents, du temps et de l'état de la mer dans les Grands Lacs.

Il constitue un recueil des observations et des mesures des vents, des vagues et des éléments du temps faites à bord

on ships plying the Great Lakes and is supplemented by data made from research vessels, buoys, aircraft, and satellites.

Most of the maps and graphs which are found here are the products of the computerized marine climate analysis systems, MAST (MArine STatistics) and CONAN (CONtour ANalysis), which were developed by the Canadian Climate Centre. A detailed description of the methods used to summarize the data and to produce the graphs in the atlas is found in the Climate Information Systems Technical Manual (Atmospheric Environment Service, 1985). The systems were developed under the federal government's Offshore Energy Research and Development program, in order to provide the information needed for engineering of offshore structures and oil-production facilities. This atlas is a spin-off that was made possible by these activities. The existence of these systems and others within the Canadian Climate Centre and the Canada Centre for Inland Waters make it possible to produce tailored analyses on demand for any location on land or water where adequate data are available. This avenue is open to those who find the information in this publication inadequate for their purposes.

This atlas is organized into two principal sections. In the first section, the areal variation of climatic elements is presented in map form by month or season. Ice cover, because of its uniqueness, is depicted every other week. In addition, wind and wave information is summarized by season in graphs for climatologically distinct areas of the Great Lakes. The second section shows, in graphical form, the monthly variation of climatic elements for each of the Great Lakes.

1.1 About the Data

The observations which make up the major portion of the data presented here originate from the network of

des navires qui sillonnent les Grands Lacs, auxquelles s'ajoutent les données obtenues à partir des navires de recherche, des bouées, des aéronefs et des satellites.

La plupart des cartes et des graphiques présentés ici sont issus des systèmes informatisés d'analyses du climat maritime, MAST (MArine STatistics) et CONAN (CONtour ANalysis) mis au point par le Centre climatologique canadien. Une description détaillée des méthodes utilisées pour résumer les données et produire les graphiques et l'Atlas se trouvent dans le manuel technique des systèmes d'information climatologique (Service de l'environnement atmosphérique, 1985). Les systèmes ont été mis au point dans le cadre du programme de l'Administration fédérale "Offshore Energy Research and Development program" (programme de recherche et de développement de l'énergie au large des côtes), afin de recueillir les renseignements nécessaires aux travaux de génie des structures au large des côtes et des installations de production pétrolière. Toutes ces activités ont, de façon indirecte, permis de produire le présent Atlas. Grâce à de tels systèmes et à d'autres systèmes du Centre climatologique canadien et du Centre canadien des eaux intérieures, on a pu produire des analyses conçues sur mesure pour tout emplacement sur terre ou sur mer pour lequel on avait les données nécessaires. L'utilisation de ces systèmes constitue une possibilité pour ceux qui considèrent que les renseignements contenus dans la présente publication ne conviennent pas à leurs besoins.

L'Atlas est divisé en deux grandes sections. La première section comprend la variation spatiale des éléments climatologiques présentée sous forme de cartes mensuelles ou saisonnières. À cause de son caractère particulier, la couverture de glace est décrite toutes les deux semaines. De plus, les renseignements sur les vagues et les vents sont résumés, par saison, dans des graphiques pour chaque zone climatologique distincte des Grands Lacs. La deuxième section illustre, sous forme de graphiques, la variation mensuelle des éléments climatologiques pour chacun des Grands Lacs.

1.1 Au sujet des données

Les observations qui sont à la base de la plus grande part des données présentées ici proviennent du réseau

voluntary observers operating on ships in the Great Lakes and the world's oceans. The observations are recorded in ships' weather logs which are collected by Port Meteorological Officers. These logs are keyed into computer data files and merged with data collected from the telecommunication circuits by meteorological services participating in a program of international data exchange. The observational data used for the atlas consist of those purchased from the World Data Centre in the United States National Climate Centre, for the period 1951-1979 and are supplemented with data from the Canadian Climate Centre for the period up to the end of 1980. Although the U.S. data have been quality-controlled, another stage of quality control has been added to eliminate some spurious extremes and observations erroneously positioned over land.

By their nature, marine observations are taken at the location where the ship happens to be at the time of observation. However, they are not randomly distributed either in time or space. There is a considerably greater number of observations taken during the main shipping season than in the winter months, and the numbers greatly favour locations along shipping routes. Moreover, although observations can be taken at any time, usually they are taken at the synoptic hours of 00, 06, 12, 18 GMT, but even then, the daylight hours appear to be favoured. Some ships observe only during the daytime. Finally, the weather itself may induce some bias into these reports. Ship's officers may be too busy with other tasks during inclement conditions to record weather and sea state, or may, if schedules permit, avoid unfavourable winds or weather by lying in port until conditions are more satisfactory. On the other hand, others argue that it is the extreme conditions which are of note and more dutifully recorded. The picture can never be clear but the disclaimer must be made that observational biases could exist in the analyses presented here.

Only selected ships carry a complete set of meteorological instruments and report all weather elements. The

d'observateurs bénévoles à bord des navires qui sillonnent les Grands Lacs et les océans du globe. Les observations sont consignées dans le journal du temps que les agents de liaison météorologique des ports se chargent de recueillir. Les données sont introduites dans les fichiers de données informatiques et fusionnées avec celles recueillies à partir des réseaux de télécommunications par les services de météorologie participant à un programme d'échange de données internationales. Les données d'observation utilisées dans le présent Atlas comprennent celles achetées au Centre de données mondiales de "United States National Climate Centre" pour la période de 1951 à 1979 auxquelles s'ajoutent les données du Centre climatologique canadien pour la période se terminant à la fin de 1980. Bien que les données des États-Unis aient déjà subi un contrôle de la qualité, on a ajouté une autre étape de contrôle afin d'éviter certains extrêmes erronés et des observations mal situées sur le territoire.

Il va de soi que les observations maritimes sont faites à l'endroit où se trouve le navire à ce moment-là. Toutefois, elles ne sont pas distribuées au hasard ni dans le temps ni dans l'espace. Il y a un nombre beaucoup plus important d'observations faites pendant la saison de navigation que pendant les mois d'hiver et les chiffres privilégient grandement certains emplacements le long des voies de navigation. De plus, bien que les observations puissent être faites à n'importe quel moment, elles sont habituellement faites aux heures synoptiques de 00, 06, 12, 18 TU, mais même alors, on semble privilégier les observations de jour. Sur certains navires les observations n'ont lieu que pendant le jour. Enfin, le temps lui-même peut fausser légèrement les comptes rendus. En effet, par mauvais temps, les officiers de navire peuvent être trop occupés à d'autres tâches pour consigner les observations relatives au temps et à l'état de la mer ou, si l'horaire le leur permet, ils peuvent décider de rester au port jusqu'à ce que les conditions météorologiques s'améliorent. D'autres personnes prétendent au contraire que ce sont les conditions extrêmes qui sont importantes et les plus soigneusement consignées. On ne peut en être tout à fait certain, mais il convient de mettre les lecteurs en garde contre des erreurs d'observation qui ont pu se glisser dans les analyses présentées ici.

Seuls les navires sélectionnés disposent d'un ensemble complet d'instruments météorologiques et signalent tous les

quality and completeness of instrumentation, and accuracy of the observations vary considerably.

In the early years, almost all meteorological information about the Great Lakes was obtained from ships. Recently, however, weather reports have become available from a few instrumented buoys, survey aircraft, and satellites. Although the data from these sources is generally quite reliable, the actual number of parameters observed is limited and the period of record is still quite short. In spite of these innovations, the vast majority of weather data from the Great Lakes still comes from ships and undoubtedly will continue to do so for a long time to come.

1.2 Air Temperatures

The geographical distribution of mean air temperatures is summarized in monthly charts. Isolines based on observations from ships and buoys have been drawn over the water and extended over land for some distance to emphasize the difference between the land and lake temperature regimes. The World Meteorological Organization (WMO) Climatological Atlas for Region IV — North and Central America, and the Canadian Climatological Normals for the period 1951-80 have been used to infer the temperature analysis over the land immediately adjacent to the Great Lakes themselves.

Air temperatures observed over land are generally taken at well exposed locations in a standard instrument shelter called a Stevenson screen. However, on a ship, the location and quality of the observing site can vary greatly. There are many potential sources of heat which could affect the readings of the generally unsheltered instruments. Moreover, the height of these measurements above the water surface will vary from ship to ship, whereas these measurements are made at a constant height of 1.5 m on land.

1.3 Humidity

Atmospheric humidity measurements are made by only a few ships. Prior to the 1960's, there were almost no

éléments météorologiques. La qualité et le nombre des instruments de même que l'exactitude des observations varient considérablement.

Pendant les premières années, presque tous les renseignements météorologiques sur les Grands Lacs provenaient des navires. Depuis quelques temps, des messages d'observations météorologiques proviennent également de quelques bouées munies d'instruments, d'avions de reconnaissance et de satellites. Bien que l'on puisse, de façon générale, se fier à ces données, le nombre réel de paramètres observés est limité et la période d'observation est relativement courte. Malgré de telles innovations, la majorité des données sur le temps des Grands Lacs proviennent des navires et cela continuera sans doute pendant encore longtemps.

1.2 Température de l'air

La répartition géographique des températures moyennes de l'air est résumée dans des tableaux mensuels. Les isothermes fondées sur les observations provenant des navires et des bouées ont été tracées sur l'eau et sur une certaine portion de la terre afin de bien marquer la différence entre les régimes de température sur lac et sur terre. On s'est servi de l'Atlas climatologique de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) pour la région IV, Amérique du Nord et Amérique centrale et des normales climatologiques canadiennes pour la période de 1951 à 1980 pour faire l'analyse des températures sur les terres adjacentes aux Grands Lacs.

Sur terre, les températures de l'air observées sont généralement mesurées dans des abris météorologiques courants ou abris Stevenson situés dans des endroits bien exposés. Par contre, l'emplacement et la qualité de la station d'observation sur les navires peuvent varier grandement. De nombreuses sources de chaleur peuvent nuire aux mesures des instruments non abrités. De plus, la hauteur de mesure au-dessus de la surface de l'eau varie d'un navire à l'autre, tandis que, sur la terre, elle est toujours de 1,5 m.

1.3 Humidité

Quelques navires seulement mesurent l'humidité atmosphérique. Avant les années 60, il n'y avait presque pas

observations of the wetbulb or dewpoint temperature from which the humidity is calculated. As with the air temperatures, the siting of instruments for taking these observations is constrained by the physical nature of the ship.

1.4 Water Temperatures

The monthly water temperature maps in this atlas, with the exception of Lake Michigan, were drawn using long-term averages of temperatures inferred from infra-red radiance measurements taken aboard aircraft and polar-orbiting satellite (Richards *et al.*, 1969; Irbe *et al.*, 1979; 1982). These data are considered to represent the temperature of the lake surface better than other sources for applications in recreation and hydrology. However, since infra-red remote-sensing activities require cloud-free conditions, a "fair weather bias" may exist in the data.

For Lake Michigan, water temperature measurements from ships have been used to infer the monthly surface water temperature patterns. In comparing the remotely-sensed and ship observations of water temperatures, the differences are attributable to observing the "skin" or very surface temperature by the former versus measuring a temperature at some depth below the surface by the latter. In the extreme, shipboard observations can be as much as 5 degrees cooler in early summer, and up to 3 degrees warmer in winter than remotely-sensed temperatures for individual events. Furthermore, ships observations in the winter months are biased towards mild ice-free winters and areas where navigation on the Great Lakes is possible. Consequently, the winter temperature pattern on Lake Michigan has been adjusted to roughly conform with the average ice cover conditions.

1.5 Winds

Winds are either visually estimated from sea state or measured using an anemometer attached to part of the ship's structure. The bulk of the wind observations appear to be

de relevés de la température du thermomètre mouillé et de la température du point de rosée qui servent à calculer l'humidité. Comme dans le cas de la mesure de la température de l'air, l'emplacement des instruments de mesure de l'humidité dépend de la structure même du navire.

1.4 Température de l'eau

Dans le présent atlas, les cartes de la température mensuelle de l'eau, sauf celles portant sur le lac Michigan, reposent sur les moyennes à long terme des températures calculées en fonction du rayonnement infrarouge mesuré à bord des aéronefs et des satellites à orbite polaire (Richards *et al.*, 1969; Irbe *et al.*, 1979; 1982). On considère que ces données représentent mieux que d'autres la température de l'eau de surface du lac en vue de leurs applications aux loisirs et à l'hydrologie. Toutefois, puisque les techniques de mesure à distance par rayonnement infrarouge nécessitent une atmosphère sans nuages, les données sont peut-être davantage représentatives du beau temps.

Dans le cas du lac Michigan, on s'est servi des mesures de la température de l'eau obtenues à bord des navires pour établir la configuration mensuelle de la température de l'eau de surface. Les différences entre les températures de l'eau obtenues par les mesures à distance et à bord des navires sont attribuables au fait que, dans la première méthode, on observe la température de l'eau à la surface même tandis que, dans la seconde, on mesure la température à une certaine profondeur de l'eau. Dans les cas extrêmes, les températures observées à bord des navires peuvent être jusqu'à cinq degrés plus basses au début de l'été et jusqu'à trois degrés plus élevées en hiver que les températures mesurées à distance. De plus, les observations à bord des navires durant les mois d'hiver ne sont représentatives que des hivers doux et des régions où la navigation sur les Grands Lacs est possible. Par conséquent, on a rectifié la configuration de la température d'hiver sur le lac Michigan afin qu'elle corresponde, à peu près aux conditions moyennes de la couverture de glace.

1.5 Vents

Les vents peuvent être soit évalués visuellement selon l'état de la mer soit mesurés à l'aide d'un anémomètre fixé à la superstructure du navire. Il semble que la majorité des

visual estimates. Measurements are usually taken between 10 and 30 metres above the water surface. However, some of the data originates from buoys which have an anemometer height of approximately 3 metres above the water surface. No adjustments for height have been made to any of these estimates and measurements. The analyses are based on compilation of all the sources available unaltered in value except for the deletion of extraneous or unsubstantiated extremes in the digital marine data base.

The direction and speed of winds are important factors for navigation, the design and operation of transportation systems and port facilities, search and rescue operations and for recreation activities.

Marine observations over the Great Lakes have been analyzed to produce seasonal maps summarizing the mean wind speed and the vector mean velocity. The vector mean wind is calculated by splitting each wind observation into north-south and east-west components and obtaining seasonal means for each component and then reconstituting the means as a resultant mean velocity. The vectors are drawn as arrows with length in proportion to the vector mean velocity and pointing in the direction of the mean wind. The arrows are positioned so that the centre of the arrow falls on the mean position of the observation in that grid area.

The pattern of the vector mean winds over the Great Lakes deserves further comment. The charts in this atlas show a marked convergence of the mean wind into the larger lakes during the fall and winter. This convergence is remarkably strong, and in some locations it reinforces the mean westerly circulation and at others opposes it. However, caution must be advised in assuming that this pattern is truly the norm as a tendency by ships to wait in port for favourable weather could also assist in producing some of the patterns which are observed. However, the patterns and magnitudes are consistent with a thermally-induced land-breeze circulation brought about by the great difference in land and water temperatures in the cold months. This pattern is quite similar to the lake-breeze observed on hot days in the spring and summer season, but because of the greater winter-time

observations du vent soient des évaluations visuelles. Quant aux mesures, elles sont habituellement prises de 10 à 30 mètres au-dessus de la surface de l'eau. Toutefois, certaines données proviennent de bouées dont l'anémomètre se trouve à environ 3 mètres au-dessus de la surface de l'eau. On n'a fait aucune rectification à ces évaluations et à ces mesures pour tenir compte de la hauteur. Les analyses se fondent sur les données compilées de toutes les sources disponibles auxquelles on n'a rien changé, sauf dans le cas de la base de données maritimes numériques où l'on a soustrait les extrêmes injustifiés ou non pertinents.

La direction et la vitesse des vents sont des facteurs importants pour la navigation, la conception et l'exploitation des systèmes de transport et des installations portuaires, les opérations de recherche et de sauvetage ainsi que pour les activités de loisirs.

On a procédé à l'analyse des observations maritimes dans les Grands Lacs afin de produire des cartes saisonnières résumant la vitesse moyenne du vent et le vecteur vitesse moyenne. Le calcul du vecteur vent moyen est obtenu en décomposant chaque observation du vent en ses directions nord-sud et est-ouest, en calculant la moyenne saisonnière pour chaque direction, puis en reconstituant les moyennes pour obtenir une vitesse moyenne résultante. Les vecteurs sont indiqués par des flèches placées dans le sens du vent moyen et dont la longueur est proportionnelle au vecteur vitesse moyenne. Les flèches sont placées de façon à ce que leur centre se trouve sur la position moyenne des observations dans la portion de grille visée.

La configuration du vecteur vent moyen au-dessus des Grands Lacs mérite qu'on s'y attarde davantage. Les cartes de l'atlas indiquent une convergence marquée du vent moyen dans les plus grands lacs au cours de l'automne et de l'hiver. Cette convergence est remarquablement forte et renforce, à certains endroits, la circulation des vents d'ouest moyens tandis qu'en d'autres endroits elle s'y oppose. Toutefois, il faut être prudent avant d'affirmer que cette configuration est vraiment la norme puisque la tendance des navires à attendre au port que les conditions météorologiques soient favorables pourrait contribuer à produire certaines des configurations observées. Par contre, les configurations et les ordres de grandeur correspondent bien à une circulation de brise de terre d'origine thermique causée par la grande différence entre la température sur la terre et sur l'eau pendant les mois

temperature constrasts between land and water, the phenomenon is more pronounced.

The winds are also summarized for each season and each lake by 8-point wind roses which indicate the frequency with which the wind blows from a particular direction and speed.

I.6 Waves

Wave data originate mainly from the visual estimates recorded in ships' observations and have been supplemented with measurements from a few weather buoys operating on the Great Lakes. These visual estimates and the data originating from the buoys are considered to represent the significant wave height.

The wave height data have been summarized seasonally by exceedance graphs for each of the Great Lakes. The graphs indicate how frequently the observed waves exceed height thresholds. The percentage axis of the graphs has been distorted in order to facilitate resolving how frequently the higher wave heights occur.

These summaries are representative of conditions which could be expected when operating over the area as a whole, but are not necessarily representative of any one location. The local wave climates can vary considerably due to the influence of the lake bottom topography and shorelines.

I.7 Fog, Mist and Other Obstructions to Visibility

Ambient visibility is of great importance to safe navigation. Visibility may be reduced in fog, mist, smoke or in snow. It matters little by what mechanism the visibility is reduced, but it is useful to know how often the visibility is reduced below significant operating thresholds and what geographical areas are most affected.

The recorded visibilities are estimates and their quality depends on many factors — the experience and diligence of the observer, the deck height from which the

froids. Cette configuration est assez semblable à celle de la brise de lac qui se produit pendant les jours chauds au printemps et en été, mais comme le contraste entre la température sur terre et sur l'eau est plus grand pendant l'hiver, le phénomène est alors plus marqué.

Les vents sont également représentés pour chaque saison et chaque lac par des roses des vents à 8 points qui indiquent la fréquence avec laquelle le vent souffle à une vitesse et d'une direction particulières.

I.6 Vagues

Les données sur les vagues viennent principalement des estimations visuelles faites à bord des navires et s'y ajoutent les mesures provenant des quelques bouées météorologiques installées dans les Grands Lacs. On considère que ces estimations visuelles et les données provenant des bouées représentent la hauteur significative des vagues.

Les données sur la hauteur des vagues ont été résumées par saison sous forme de graphique représentant le dépassement des normales pour chacun des Grands Lacs. Les graphiques indiquent la fréquence avec laquelle les vagues observées ont dépassé les seuils de hauteur. On a déformé l'axe des pourcentages afin de faciliter le calcul de la fréquence des vagues les plus élevées.

Les résumés sont représentatifs des conditions auxquelles on peut s'attendre dans le secteur pris dans son ensemble; cependant, elles ne sont pas nécessairement représentatives d'un endroit particulier. Le régime des vagues peut varier considérablement d'un endroit à l'autre à cause de la topographie du fond du lac et des lignes de rivage.

I.7 Brouillard, brume et autres obstacles à la visibilité

La visibilité a une grande importance pour la sécurité de la navigation. Elle peut être réduite par le brouillard, la brume, la fumée ou la neige. Il importe peut de savoir ce qui réduit la visibilité, mais il est utile de connaître la fréquence avec laquelle la visibilité est inférieure, de façon sensible, aux seuils qui permettent l'activité et les secteurs géographiques les plus touchés.

La visibilité enregistrée constituent des estimations et sa qualité dépend de nombreux facteurs: l'expérience et l'assiduité de l'observateur, la hauteur du pont où se fait

observation is taken, the time of day or night, and sometimes the influences of lights illuminating the ship.

The visibility, as observed over the Great Lakes, is summarized in seasonal charts which indicate the frequency with which the visibility is reduced to one kilometre (one-half a nautical mile) or below. Visibilities are also summarized in graphs for climatologically homogeneous lake areas. These plots show the percent frequency of time the visibility is reduced below 10, 5, 2 and 1 kilometres. Together, the charts and the graphs describe the temporal and spatial distribution of fog and other visibility-reducing factors over the waters of the Great Lakes.

I.8 Precipitation

Present weather, the weather occurring at the time of observation, has been used to determine the frequency of precipitation, its rate and type. All forms of precipitation have been included in this analysis, whether it is occurring in showers or steadily and whether it is mainly liquid or frozen as in snow. Where a mixed precipitation was reported, the precipitation was classified as rain when the temperature was higher than or equal to 5°C, but was classified as snow otherwise.

Seasonal charts show the relative frequency with which precipitation has been observed to occur on the Great Lakes. The frequency of occurrence of rain and snow, and their intensity, is also summarized in the accompanying graphs for lake areas.

I.9 Cloud Cover

Cloud cover is observed at sea and over the Great Lakes as oktas or eighths of the sky covered by cloud. When the sky or other cloud form is rendered not visible by fog or other obstruction to visibility, the sky is considered obscured.

Seasonal maps showing the frequency of cloudy, overcast or obscured skies (cloud cover 5 oktas or more) have been drawn to show the mean geographic variation of cloud cover.

l'observation, l'heure du jour ou de la nuit et, quelquefois, l'effet des lumières qui illuminent le navire.

La visibilité observée sur les Grands Lacs est résumée dans des tableaux saisonniers qui indiquent la fréquence d'une visibilité égale ou inférieure à 1 km (un demi-mille marin). La visibilité est également résumée sous forme de graphiques par zone de lacs climatologiquement homogènes. Ces cartes pointées indiquent, en pourcentage, le nombre de fois où la visibilité est inférieure à 10, 5, 2 et 1 km. Ensemble, les cartes et les graphiques décrivent la distribution spatiale et temporelle du brouillard et des autres obstacles à la visibilité sur les Grands Lacs.

I.8 Précipitations

On s'est servi des conditions météorologiques en vigueur au moment de l'observation, pour déterminer la fréquence des précipitations, leur intensité et leur nature. L'analyse porte sur toutes les formes de précipitations, qu'il s'agisse d'averses ou de précipitations continues et qu'elles soient principalement liquides ou solides, comme la neige. Les précipitations signalées comme mixtes ont été considérées comme de la pluie lorsque la température était supérieure ou égale à 5°C et comme de la neige dans les autres cas.

Les cartes saisonnières indiquent la fréquence relative des précipitations observées sur les Grands Lacs. La fréquence de la pluie ou de la neige et leur intensité est également résumée dans les graphiques portant sur les zones de lacs.

I.9 Nébulosité

La couverture nuageuse observée en mer ou sur les Grands Lacs est exprimée en octas, soit la fraction, en huitièmes, de la voûte céleste obscurcie par les nuages. Lorsque le brouillard ou un autre obstacle à la visibilité empêchent de voir le ciel ou les nuages, on considère que le ciel est obscurci.

Des cartes saisonnières indiquant la fréquence des ciels nuageux, couverts ou obscurcis (couverture nuageuse de 5 octas ou plus) ont été tracées afin d'indiquer la variation géographique moyenne de la couverture nuageuse.

The cloud cover frequency is also summarized in monthly graphs of the frequency of cloud cover in oktas and of obscured skies. The plot is shaded to emphasize the occurrence of cloud amount in clear, scattered (1-4 oktas), broken (5-7 oktas), overcast (8 oktas) and obscured categories.

I.10 Ice Cover

Median ice cover maps were prepared using composite ice charts produced by the Ice Centre in Environment Canada. These composite ice charts have been issued on a once-per-week basis during the ice season since 1972, and are based on information gathered from aircraft, ship and shore station reports, plus satellite data.

Thirteen winters up to and including 1985 were used in the analyses. Composite ice charts are produced normally on the same day of each week, resulting in calendar dates differing from year to year. Therefore, in order to draw the median ice cover maps, a period of one week (7 days) has been used.

The 10-tenths ice concentration boundary line, the 7-tenths ice concentration boundary line and the ice edge (i.e. the 1-tenth ice concentration boundary line) are presented in this series of maps which depict selected ranges of ice concentrations.

Extreme ice cover charts were produced only for the week February 17-23 which is the normal period of maximum ice coverage. Each lake was evaluated separately to determine both maximum and minimum coverage over the years surveyed. The year of occurrence of these extremes has been placed on the maps near the respective lakes.

I.10.1 *Ice Regime — Lake Superior*

Initial ice formation begins in harbours and bays along the north shore, in the western portion of the lake, and over the shallow waters of Whitefish Bay normally near the end of November to early December. As the ice season progresses, the amount and thickness of ice increases so that the entire perimeter of the lake becomes covered first and then extends out into the lake. Maximum ice cover occurs

La fréquence de la couverture nuageuse est également résumée dans des graphiques mensuels de la couverture nuageuse (en octas) et des ciels obscurcis. La carte est ombrée pour bien marquer les catégories de couvertures nuageuses : ciel clair, nuages épars (1 octa à 4 octas), nuages fragmentés (5 à 7 octas), ciel couvert (8 octas) et ciel obscurci.

I.10 Couverture de glace

Les cartes sur la couverture de glace moyenne ont été préparées à l'aide de cartes des glaces synchrones produites par le Centre des glaces d'Environnement Canada. Ces cartes synchrones ont été préparées une fois par semaine durant la saison des glaces depuis 1972 et se fondent sur les renseignements recueillis à bord des aéronefs et des navires, dans les stations côtières et sur les données satellitaires.

Les analyses portent sur 13 hivers allant jusqu'à 1985 inclusivement. Les cartes des glaces synchrones sont normalement produites le même jour de chaque semaine; les dates sont donc différentes d'une année à l'autre. Par conséquent, on a utilisé une période d'une semaine (7 jours) pour tracer les cartes de la couverture de glace moyenne.

La ligne de démarcation de la concentration 10/10, la ligne de démarcation de la concentration 7/10 et la lisière des glaces (soit la ligne de démarcation de la concentration 1/10) sont indiquées dans cette série de cartes qui illustrent la gamme choisie des concentrations de glaces.

Les cartes sur la couverture de glace extrême ne portent que sur la semaine du 17 au 23 février, qui constitue la période normale de couverture de glace maximale. Chaque lac a fait l'objet d'une évaluation distincte afin de déterminer les couvertures minimale et maximale au cours des années étudiées. L'année d'apparition de ces extrêmes est indiquée sur les cartes à côté des lacs respectifs.

I.10.1 *Régime des glaces — Lac Supérieur*

La formation de glace commence d'abord dans les ports et les baies le long de la rive nord, dans la partie ouest du lac et dans les eaux peu profondes de la baie Whitefish habituellement à la fin de novembre ou au début de décembre. À mesure que la saison froide avance, la quantité et l'épaisseur de la glace augmentent; la glace couvrant d'abord tout le périmètre du lac puis progressant ensuite

during the last half of February with total coverage in the order of 75%[1]. The east central portion of the lake will usually remain open water throughout the winter months.

Ice conditions can vary greatly from year to year. In a mild winter, ice coverage in Lake Superior may only attain 21% while during a severe winter coverage may approach 100%. Ice has formed as early as the first week of November and persisted until as late as the middle of May.

In sheltered harbours and bays, ice grows to a thickness in the 45 to 85 cm range during a normal winter. Ridging and rafting can produce ice thickness up to a metre or more as in Whitefish Bay where windrows of grounded ice can pile up to 7-8 metres or more above lake level. Offshore, ridges are most likely to form at the interface of the moving pack ice and the stationary land-fast ice, and can attain total ice thicknesses of 25 metres.

Break-up normally begins in March and the ice is in a state of deterioration by the end of the month. Most of the lake is open water by the last week of April. However, navigation can be rendered difficult by the drift of ice into the southeastern end of the lake because of winds and water currents.

I.10.2 *Ice Regime — Lake Michigan*

Because of Lake Michigan's north-south orientation and 494 kilometre length, ice formation and deterioration can be occurring simultaneously. Initial ice formation begins in Green Bay normally during the second half of December. The next areas to become ice-covered are the Straits of Mackinac and the shallow areas adjoining it. Extensive ice formation begins about the middle of January with the ice forming along western and southern shorelines. There is a relatively rapid growth of ice in the north and a slower growth rate around the southern perimeter. Maximum ice

[1]The ice coverages quoted here and in the other sections describing the ice regime on the Great Lakes were obtained from Assel et al., 1984.

vers le centre. La couverture de glace atteint son maximum, qui est d'environ 75 p. 100, pendant la dernière moitié de février. Le centre est du lac[1] demeure généralement une zone d'eau libre pendant les mois d'hiver. L'englacement peut varier grandement d'une année à l'autre. Pendant un hiver doux, la couverture de la glace dans le lac Supérieur peut n'être que de 21 p. 100, tandis qu'au cours d'un hiver rigoureux, elle peut atteindre 100 p. 100. Il est arrivé que la glace se forme dès la première semaine de novembre ou qu'elle persiste jusqu'à la mi-mai.

Dans les ports et les baies abrités, l'épaisseur de la glace varie de 45 à 85 centimètres pendant un hiver normal. À cause de la formation de crêtes ou du chevauchement des glaces, l'épaisseur de la glace peut atteindre 1 mètre et même plus comme dans le cas de la baie Whitefish où les bancs de glace échouée peuvent s'entasser jusqu'à 7 ou 8 mètres et plus au-dessus du niveau du lac. Au large des côtes, les crêtes se forment généralement à la ligne de jonction de la glace de banquise et de la glace soudée à la terre et peuvent atteindre une épaisseur de 25 mètres.

Le dégel commence habituellement en mars et la glace est en état de désintégration à la fin du mois. La plus grande partie du lac est en eau libre à la première semaine d'avril. Toutefois, la glace qui dérive dans la partie sud-est à cause des vents et des courants marins peut rendre la navigation difficile.

I.10.2 *Régime des glaces — Lac Michigan*

À cause de l'orientation nord-sud de ce lac et de sa longueur de 494 kilomètres, la formation et la désintégration des glaces peuvent s'y produire en même temps. Dans la baie Green, la formation de glace commence généralement pendant la dernière moitié de décembre. Les autres secteurs qui sont ensuite recouverts de glace sont le détroit de Mackinac et les eaux peu profondes adjacentes. La formation de glace s'intensifie vers la mi-janvier; la glace se forme alors le long des rives ouest et sud. La croissance de la glace est relativement rapide dans le nord et plus lente

[1]Les couvertures de glaces indiquées ici et dans d'autres sections portant sur le régime des glaces dans les Grands Lacs ont été tirées de l'ouvrage de Assel et al., 1984.

cover occurs about the middle of February with a usual maximum coverage of 45%. The central portion of the lake south of latitude 45°N, normally remains as open water throughout the winter.

Ice conditions can vary greatly from year to year. In a mild winter, maximum ice coverage on Lake Michigan may be only 13% while during a severe winter, coverage approaches 100%. Ice has formed as early as the last week of November and persisted as late as the second week of May.

In sheltered harbours and bays, ice grows to the 45 to 75 cm range during a normal winter. Rafting can achieve ice thicknesses of a metre or more. Windrows and ridges of ice in the Straits of Mackinac can reach up to 9 metres above lake level with supporting keels 2 or 3 times thicker.

Break-up normally begins during March and progresses from south to north. Most of the lake is open water by the middle of April. Present in the straits and island areas of Mackinac are formidable ice ridges which become hazardous to shipping during break-up.

1.10.3 *Ice Regime — Lake Huron and Georgian Bay*

The orientation and patterns of ice formation of Lake Huron are quite similar to those of Lake Michigan even though temperature differences between the north and south part of the lake are not as great. Initial ice formation begins in North Channel, along the east coast of Georgian Bay and in Saginaw Bay during the second half of December. As the winter season progresses, this ice expands along the coastal areas and then extends out into the lake. Maximum ice cover occurs around the middle of February with about 68% coverage in Lake Huron and 90% coverage in Georgian Bay. The deep central and north portion of Lake Huron usually remains as open water throughout the winter months.

Ice conditions vary greatly from year to year. In a mild winter, ice coverage on Lake Huron and Georgian Bay may be as low as 29% while during a severe winter, the coverage

autour du périmètre sud. La couverture de glace atteint son maximum, qui est généralement de 45 p. 100, vers la mi-février. La partie centrale du lac, au sud du 45e degré de latitude N. demeure habituellement une zone d'eau libre pendant tout l'hiver.

L'englacement peut varier beaucoup d'une année à l'autre. La couverture de glace du lac Michigan peut être de 13 p. 100 seulement pendant un hiver doux, tandis qu'elle peut approcher 100 p. 100 au cours d'un hiver rigoureux. Il est arrivé que la glace se forme dès la dernière semaine de novembre ou qu'elle persiste jusqu'à la deuxième semaine de mai.

Dans les ports et les baies abrités, l'épaisseur de la glace peut être de 45 à 75 centimètres pendant un hiver normal. Le chevauchement des glaces peut provoquer des amoncellements d'un mètre d'épaisseur. Dans le détroit de Mackinac, les bancs et les crêtes de glace peuvent atteindre 9 mètres d'épaisseur au-dessus du niveau du lac et sont soutenus par des quilles de glace 2 à 3 fois plus épaisses.

Le dégel commence généralement en mars et progresse du sud au nord. À la mi-avril, presque tout le lac est une zone d'eau libre. Dans le détroit et les îles Mackinac, d'énormes crêtes de glace peuvent rendre la navigation dangereuse durant le dégel.

1.10.3 *Régime des glaces — Lac Huron et baie Georgienne*

L'orientation et les configurations de la formation des glaces dans le lac Huron sont assez semblables à celles du lac Michigan; toutefois, les différences de température entre les zones nord et sud du lac ne sont pas aussi importantes. La formation des glaces commence dans le Chenal Nord (North Channel), le long de la côte est de la baie Georgienne et dans la baie Saginaw pendant la seconde moitié de décembre. À mesure que l'hiver avance, la formation de la glace se poursuit le long des côtes puis vers le centre du lac. La couverture de glace atteint son maximum, qui est d'environ 68 p. 100 dans le lac Huron et de 90 p. 100 dans la baie Georgienne, vers la mi-février. Le centre et le nord du lac Huron demeurent généralement des zones d'eau libre pendant les mois d'hiver.

L'englacement varie beaucoup d'une année à l'autre. Au cours d'un hiver doux, la couverture de glace du lac Huron et de la baie Georgienne peut n'être que de

on Lake Huron can be more than 95%, with 100% coverage occurring in Georgian Bay. Ice has formed as early as the second week of November and has persisted as late as the second week of May.

In sheltered harbours and bays, lake ice grows to the 45 to 75 cm range during a normal winter. Ice deformation through ridging and windrows of ice can achieve ice thicknesses up to 18 metres.

Break-up normally begins during March with the lake clearing rapidly thereafter. On the average, the entire lake clears by the second week of April except North Channel where ice remains until the end of the month. Large volumes of ice can drift into the southern portion of Lake Huron resulting in a heavy concentration of ice at the entrance to the St. Clair River.

1.10.4 *Ice Regime — Lake Erie (Including Lake St. Clair)*

Initial ice formation begins in the western end of Lake Erie and in Long Point Bay normally during the third week of December. However, ice has formed as early as the last week of November and as late as the third week of January. Ice growth and spread accelerate in January with ice coverage generally attaining its maximum extent (90%) in February. Lake St. Clair is normally consolidated from late January until early March.

In a mild year, ice will cover approximately 25% of Lake Erie's surface, while during severe winters, 100% coverage can occur.

In sheltered harbours and bays, ice grows to a thickness of 25 to 45 cm during a normal winter. Ridging and windrows of ice can achieve aggregate ice thicknesses in excess of 20 metres during a single winter storm.

Break-up normally begins near the beginning of March with the lake becoming mostly open water by the third week of April. The eastern end of the lake is usually the

29 p. 100 tandis qu'elle peut atteindre 95 p. 100 sur le lac Huron et 100 p. 100 dans la baie Georgienne pendant un hiver rigoureux.

Il est arrivé que la glace se forme dès la deuxième semaine de novembre et qu'elle persiste jusqu'à la deuxième semaine de mai.

Dans les ports et les baies abrités, l'épaisseur de glace de lac atteint 45 à 75 centimètres au cours d'un hiver normal. À cause de la formation de crêtes et de bancs, l'épaisseur de la glace peut atteindre 18 mètres à certains endroits.

Le dégel commence habituellement en mars et le lac se libère rapidement par la suite. En moyenne, tout le lac est une zone d'eau libre avant la deuxième semaine d'avril, sauf le Chenal Nord où la glace demeure jusqu'à la fin du mois. De grandes quantités de glace peuvent dériver dans la partie sud du lac Huron, créant ainsi une forte concentration de glace à l'embouchure de la rivière St. Clair.

1.10.4 *Régime des glaces — Lac Érié (y compris le lac St. Clair)*

La formation de glace commence dans la partie ouest du lac Érié et dans la baie Long Point habituellement au cours de la troisième semaine de décembre. Toutefois, il est déjà arrivé que la glace se forme dès la dernière semaine de novembre ou qu'elle n'apparaisse qu'à la troisième semaine de janvier. La croissance de la glace et sa progression s'accélèrent en janvier et la couverture de glace atteint généralement son maximum (90 p. 100) en février. La glace sur le lac St. Clair est généralement uniformément solide de la fin janvier au début mars.

Pendant les hivers doux, la glace recouvre environ 25 p. 100 de la surface du lac Érié alors qu'elle peut en couvrir toute la surface pendant les hivers rigoureux.

Dans les ports et les baies abrités, l'épaisseur de la glace est de 25 à 45 centimètres pendant un hiver normal. Au cours d'une seule tempête, la formation de crêtes et de bancs de glace peut entraîner des amoncellements de glace de plus de 20 mètres d'épaisseur.

Le dégel commence généralement vers le début du mois de mars et le lac est presque entièrement libéré vers la troisième semaine d'avril. L'extrémité est du lac est

last area to clear. Ice has persisted in the Buffalo area as late as the middle of May.

I.10.5 *Ice-Regime — Lake Ontario*

Initial ice formation normally begins in the Bay of Quinte during the first week of December. By the end of December, ice begins to form in the bays and harbours at the western end of the lake. In the approaches to the St. Lawrence River the ice forms during the first half of January. An extensive ice cover does not normally develop. The maximum extent of ice is in February, but even then it is confined mostly to the eastern end of the lake with total coverage of about 25% of lake area.

In a mild winter, maximum ice coverage on Lake Ontario is 10% while in a severe winter it can temporarily increase to 95%. Only three times in the last 100 years has Lake Ontario approached a nearly complete ice cover; the most recent occurrence was in 1979. Ice has formed as early as the third week of November and has persisted until the first week of May.

In the sheltered harbours and bays, level lake ice many grow to a thickness of 20 to 60 cm during a normal winter. Ridging, rafting and hummocking can significantly increase these thicknesses under circumstances of pressure.

Break-up normally starts late in February with the ice covered areas becoming open water early in April. However, ice may be found below Niagara Falls and in the approach to the St. Lawrence River somewhat later.

généralement la dernière partie à se dégager. Dans la région de Buffalo, les glaces ont déjà persisté jusqu'à la mi-mai.

I.10.5 *Régime des glaces — Lac Ontario*

La formation des glaces commence généralement dans la baie Quinte au cours de la première semaine de décembre. À la fin de ce mois, la glace commence à se former dans les baies et les ports de l'extrémité ouest du lac. Aux abords du fleuve St-Laurent, la glace se forme au cours de la première moitié de janvier. Il n'y a généralement pas de couverture de glace importante. La couverture de glace atteint son maximum en février, mais même alors, elle se limite surtout à l'extrémité est du lac et ne représente qu'environ 25 p. 100 de sa superficie.

Pendant les hivers doux, la couverture de glace du lac Ontario atteint un maximum de 10 p. 100 qui peut atteindre temporairement 95 p. 100 pendant un hiver rigoureux. La couverture de glace du lac Ontario n'a été presque complète que trois fois au cours des 100 dernières années, la dernière fois en 1979. Il est arrivé que la glace se forme dès la troisième semaine de novembre ou qu'elle persiste jusqu'à la première semaine de mai.

Dans les ports et les baies abrités, l'épaisseur de la glace de lac est de l'ordre de 20 à 60 centimètres au cours d'un hiver normal. La formation de crêtes et de hummocks ainsi que le chevauchement des glaces sous l'effet de la pression peuvent accroître considérablement l'épaisseur de la glace.

Le dégel commence habituellement à la fin de février; les zones couvertes de glace deviennent habituellement des zones d'eau libre au début d'avril. Il est possible de trouver des glaces en aval des chutes du Niagara et aux abords du St-Laurent au-delà de cette période.

II CHARTS

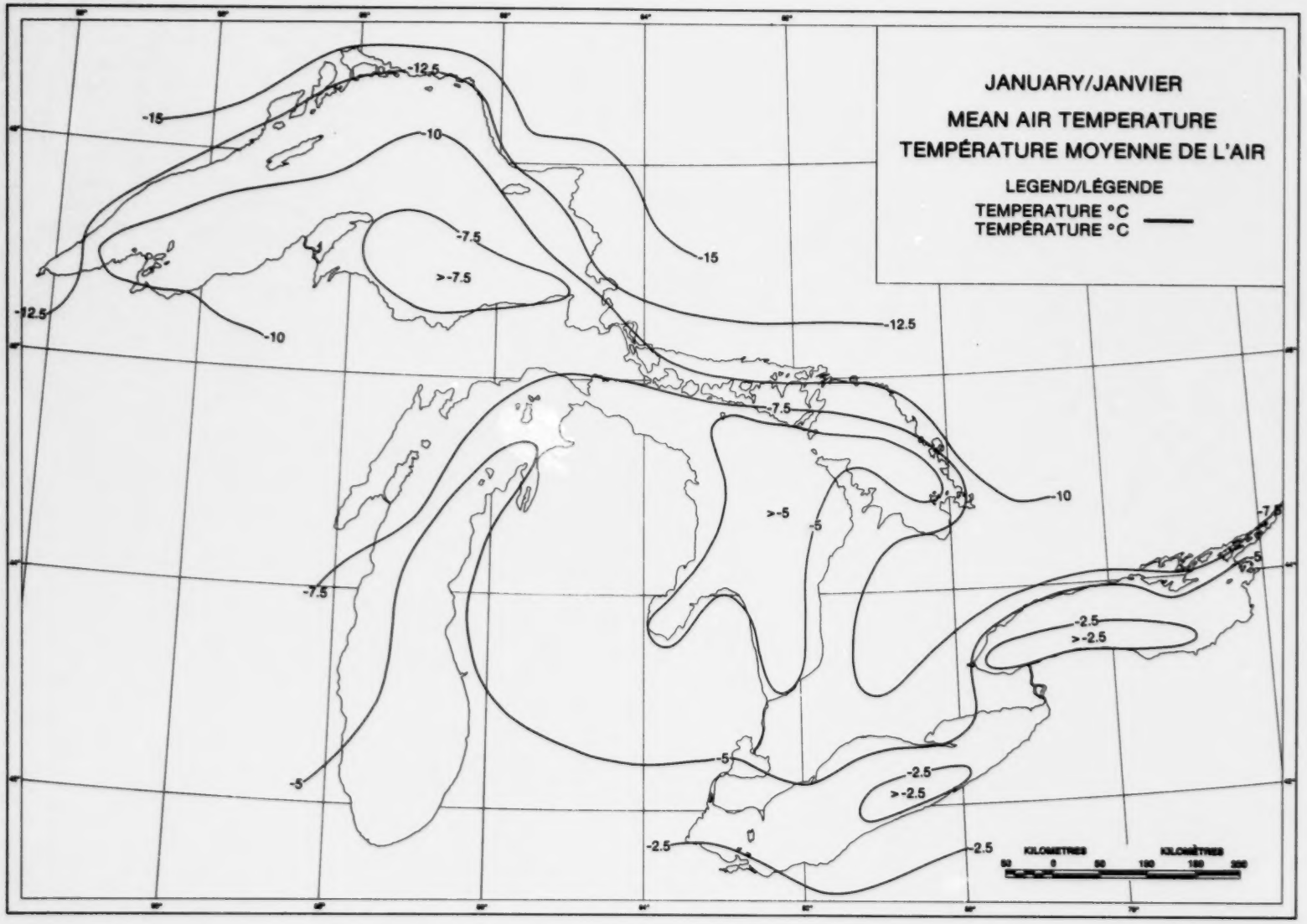
II.1 Monthly Mean Air Temperatures

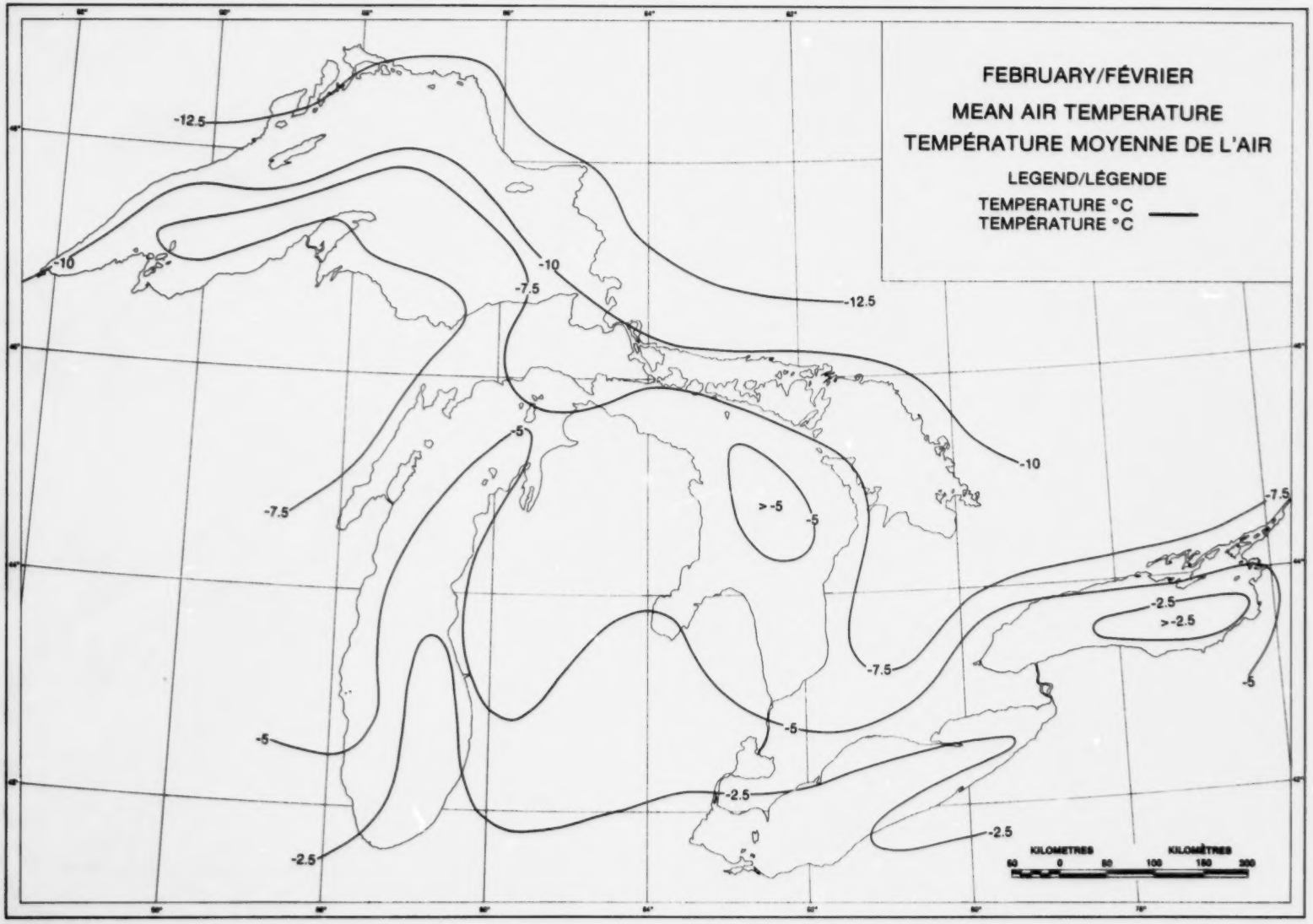
The maps on the following pages show monthly air temperatures contoured at 2.5°C intervals following the recommendations found in the WMO Guide to Climatological Practices (WMO, 1983). The air temperatures over land have been adapted from the WMO Atlas For North and Central America, (WMO, 1980) and analyses of 1951-80 Canadian Climate Normals performed in preparation for the Climate Atlas for Canada.

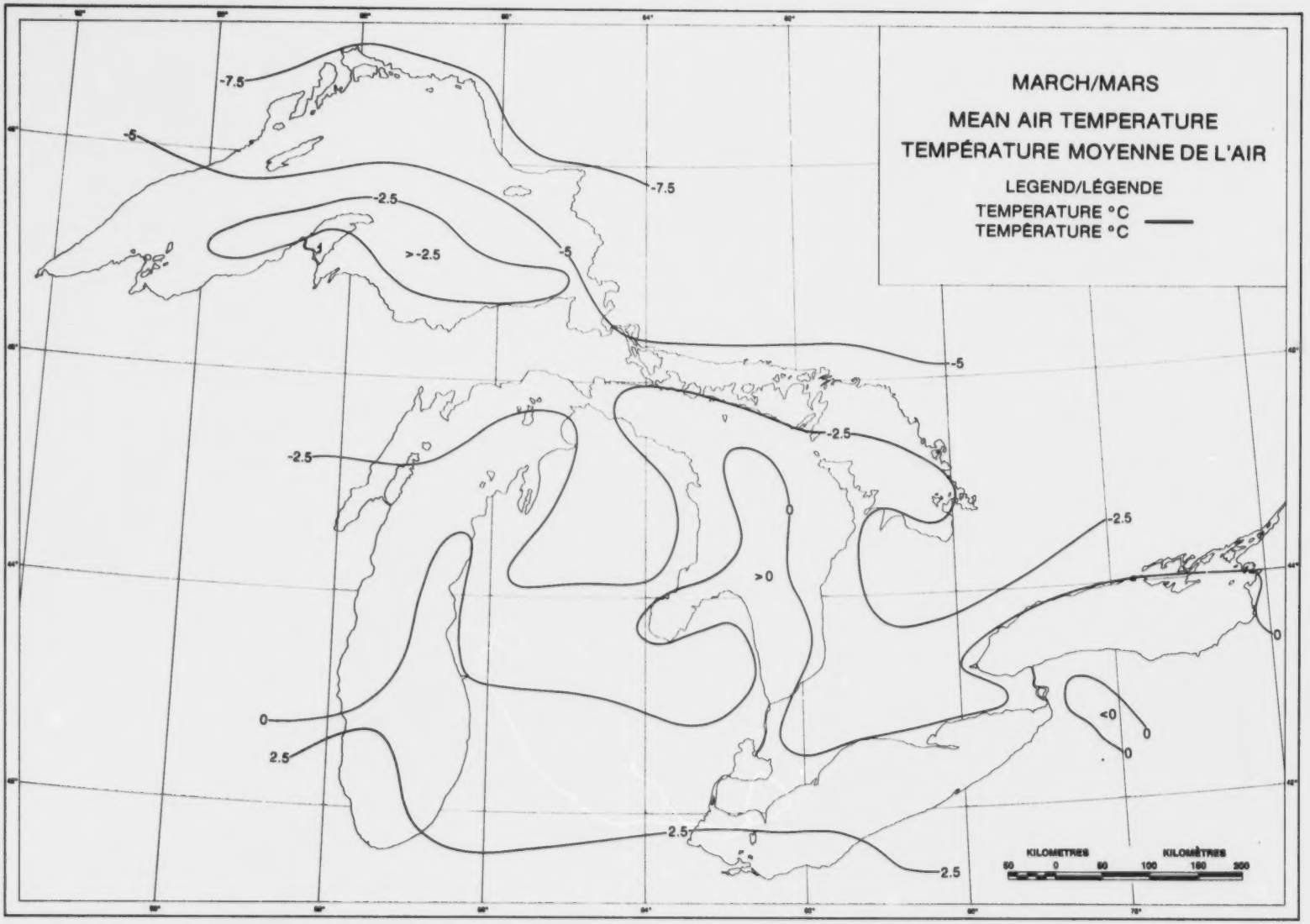
II CARTES

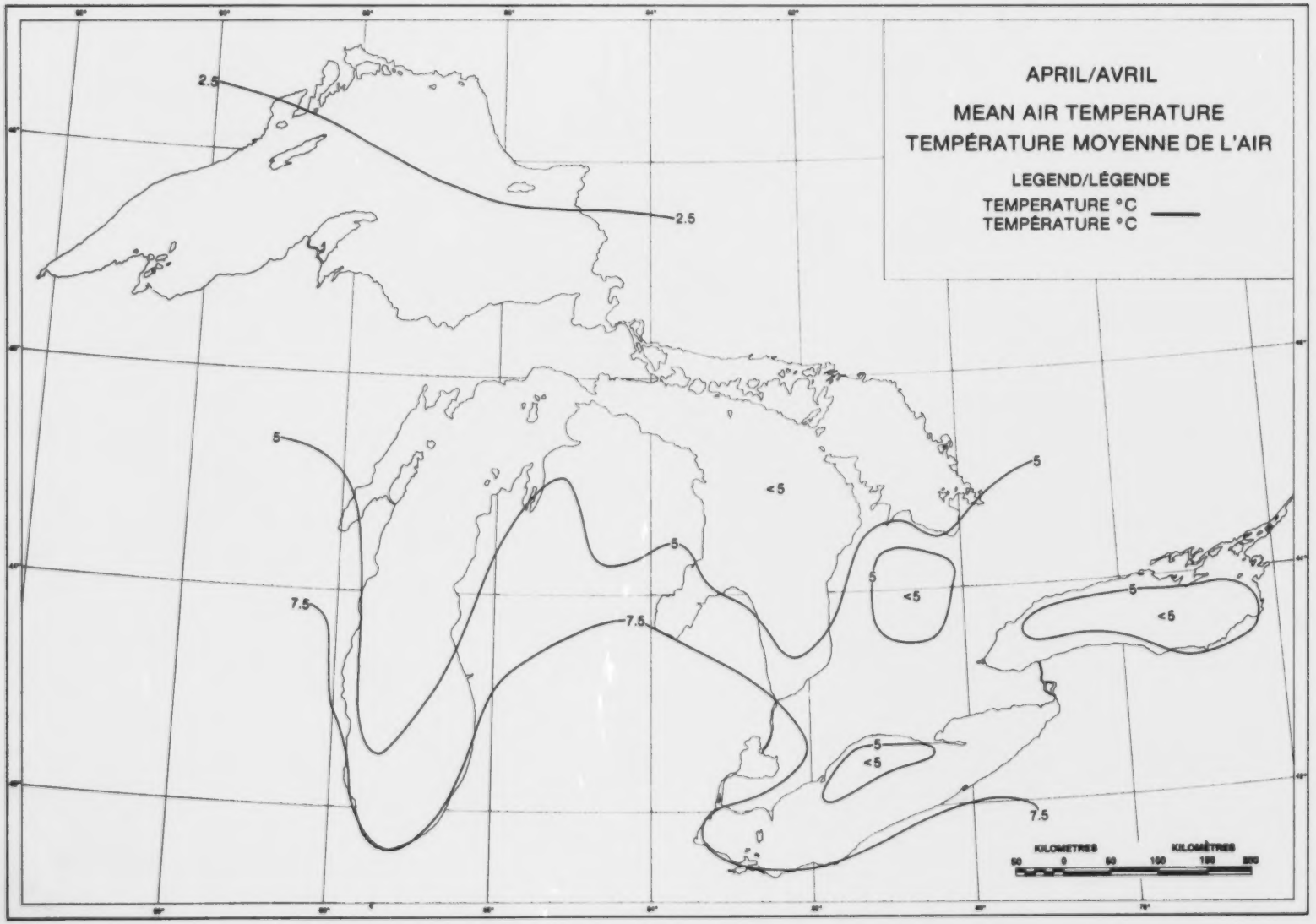
II.1 Températures moyennes mensuelles de l'air

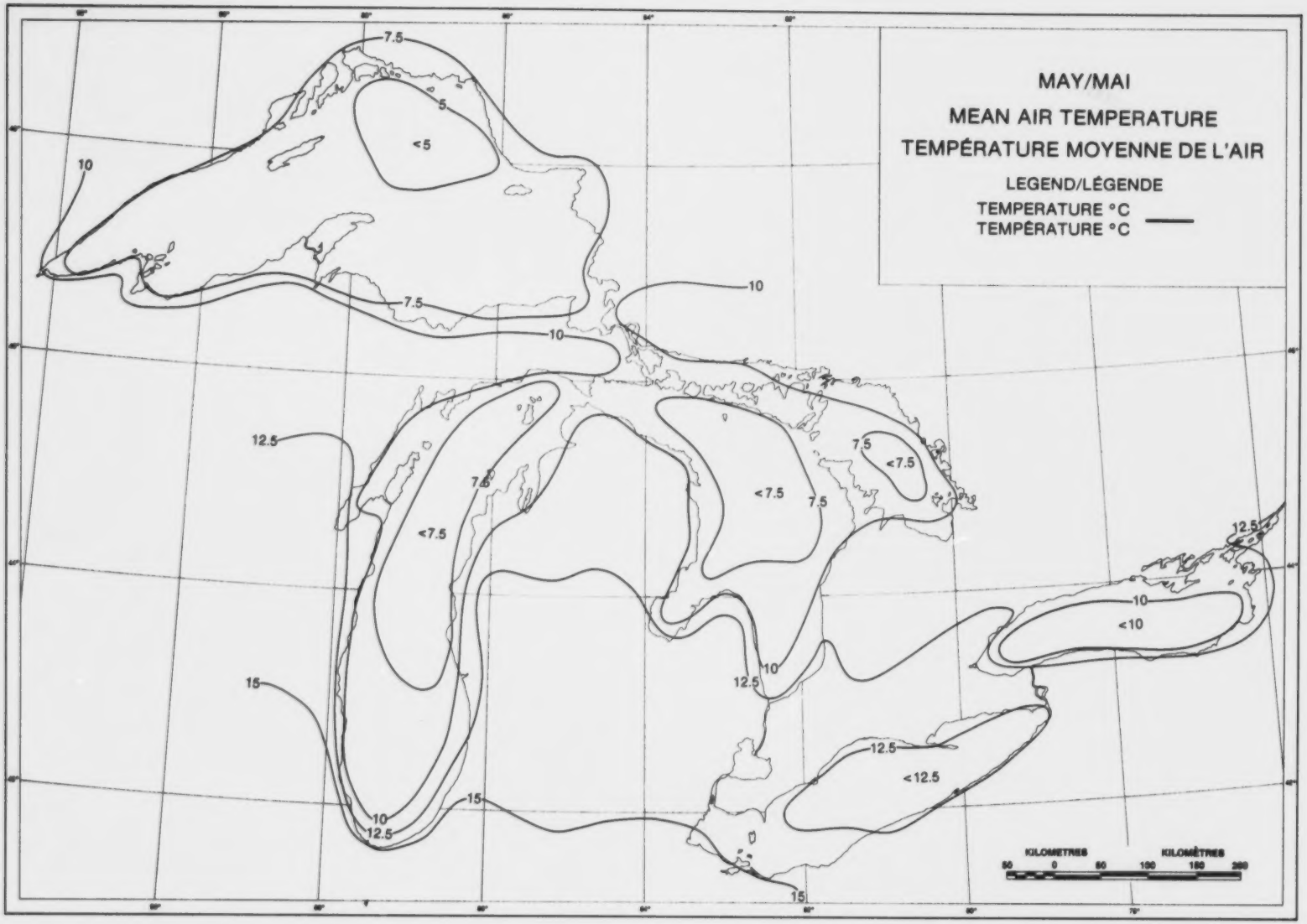
Les cartes qui suivent indiquent les températures mensuelles de l'air représentées par des isothermes à 2,5°C d'intervalle suivant les recommandations du Guide des pratiques climatologiques de l'OMM (1983). Les températures de l'air sur la terre ont été adaptées à partir de celles contenues dans l'Atlas de l'Amérique centrale et de l'Amérique du Nord de l'OMM (1980) et d'analyses des normales climatologiques canadiennes de 1951 à 1980 effectuées en vue de la préparation de l'Atlas climatologique du Canada.

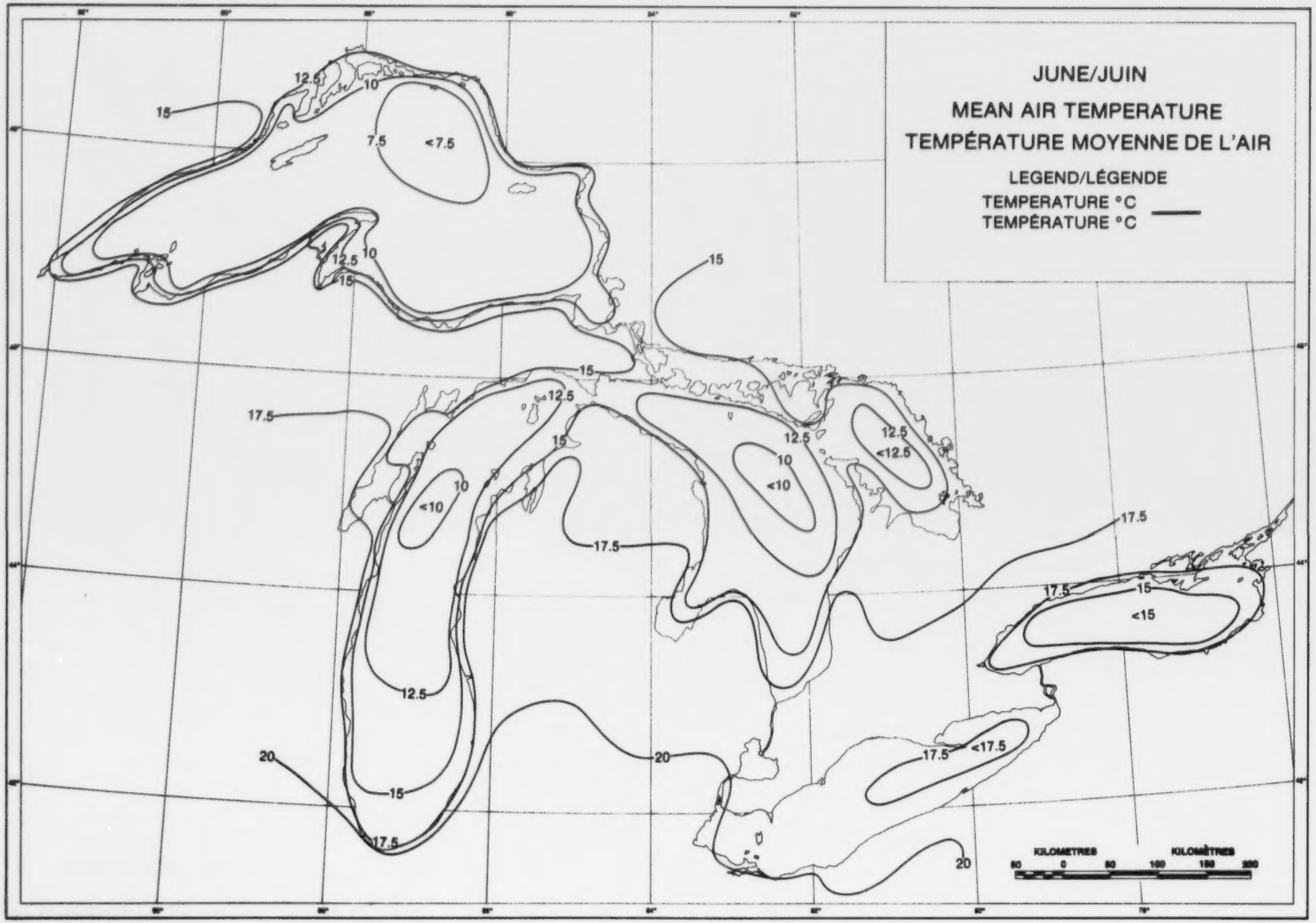

JANUARY/JANVIER
MEAN AIR TEMPERATURE
TEMPÉRATURE MOYENNE DE L'AIR
LEGEND/LÉGENDE
TEMPERATURE °C
TEMPÉRATURE °C
-12.5
-15
-10
-7.5
>-7.5
-15
-12.5
-10
-7.5
>-5
-5
-10
-7.5
-5
-2.5
>-2.5
-5
-2.5
>-2.5
-2.5
2.5
KILOMETRES
KILOMÈTRES

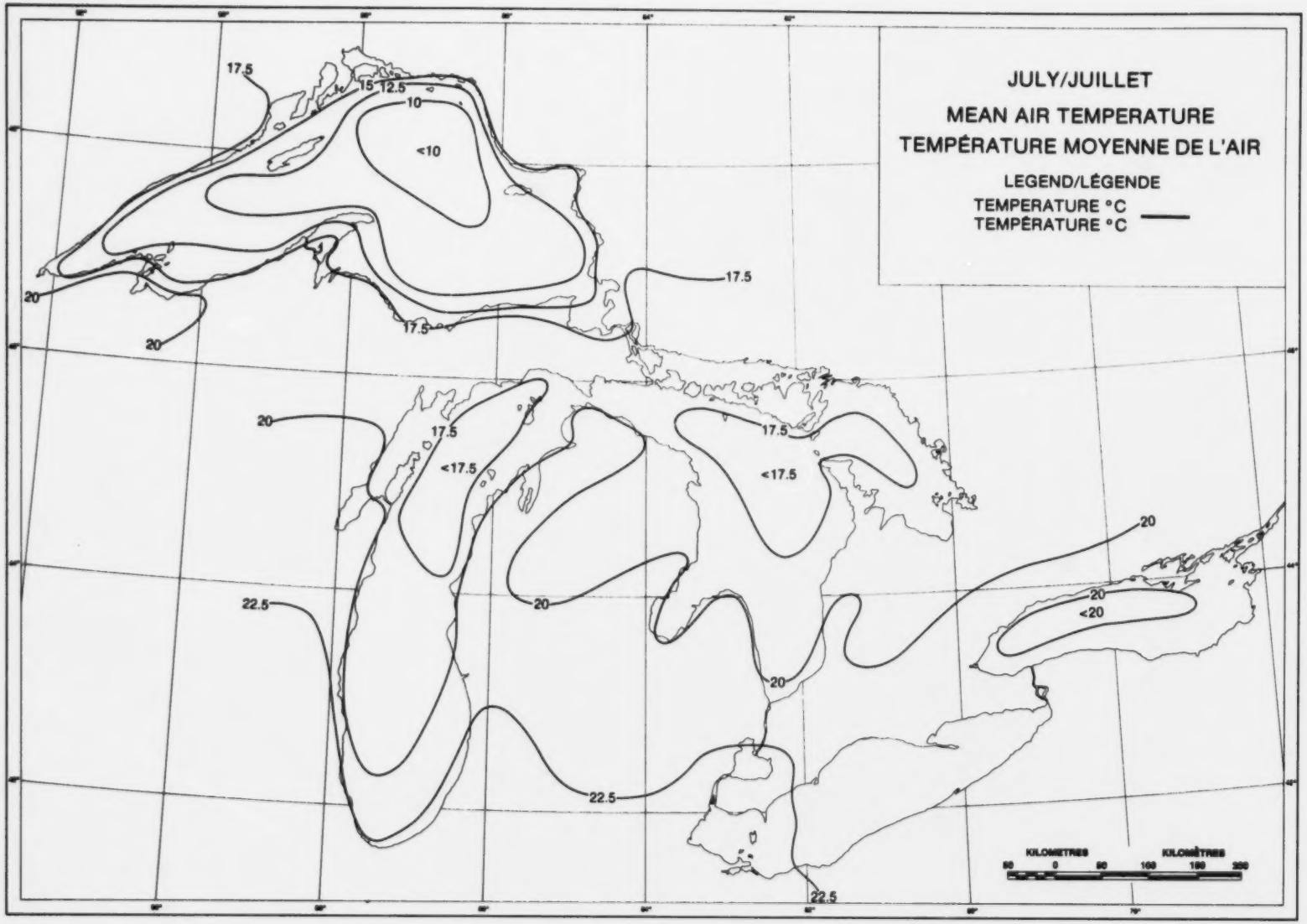

FEBRUARY/FÉVRIER
MEAN AIR TEMPERATURE
TEMPÉRATURE MOYENNE DE L'AIR
LEGEND/LÉGENDE
TEMPERATURE °C
TEMPÉRATURE °C
-12.5
-10
-7.5
-5
-2.5
>-5
>-2.5
KILOMETRES
KILOMÈTRES
60 0 80 100 150 200

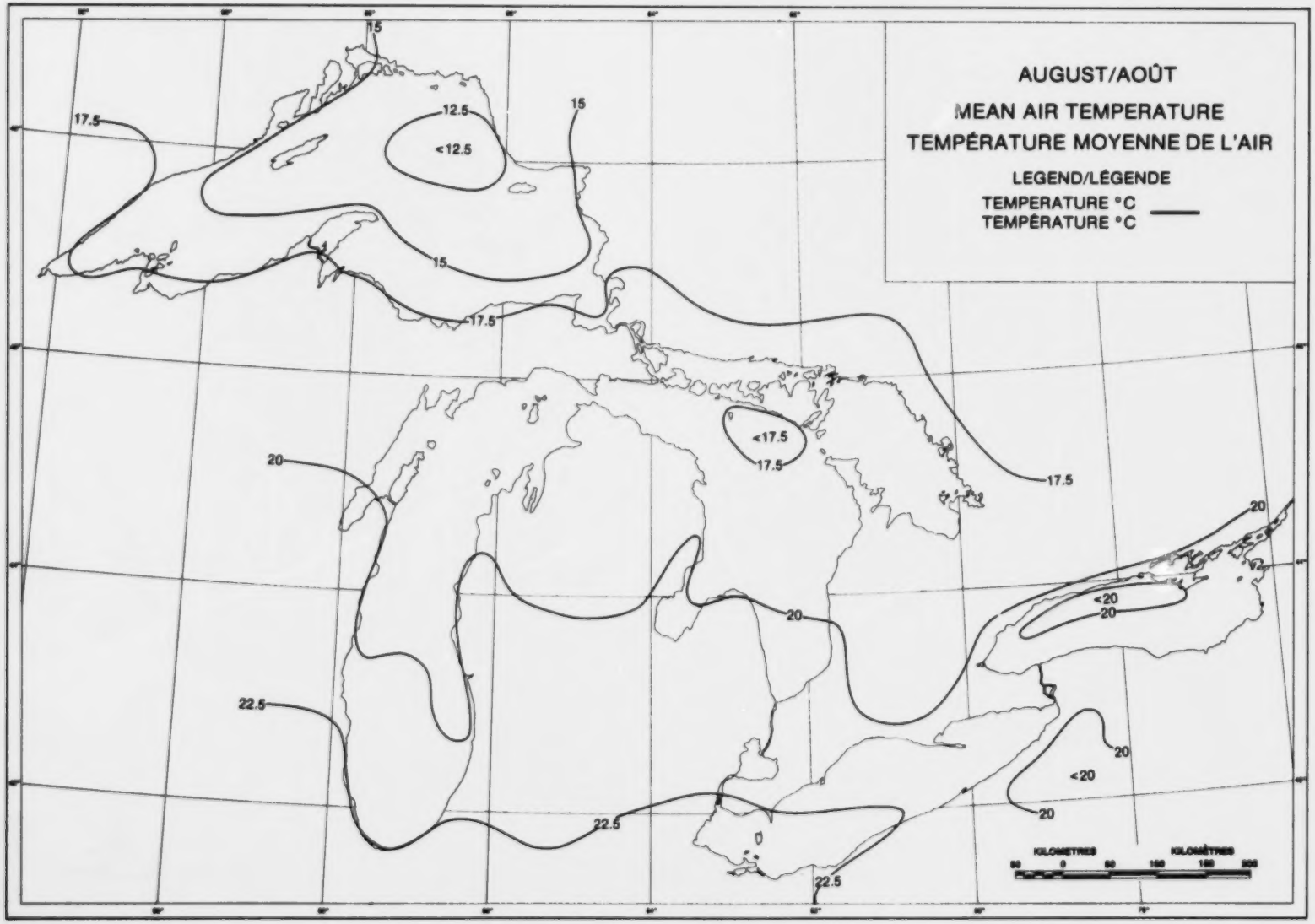

MARCH/MARS
MEAN AIR TEMPERATURE
TEMPÉRATURE MOYENNE DE L'AIR
LEGEND/LÉGENDE
TEMPERATURE °C
TEMPÉRATURE °C
-7.5
-5
-2.5
>-2.5
0
2.5
>0
<0
KILOMETRES
KILOMÈTRES

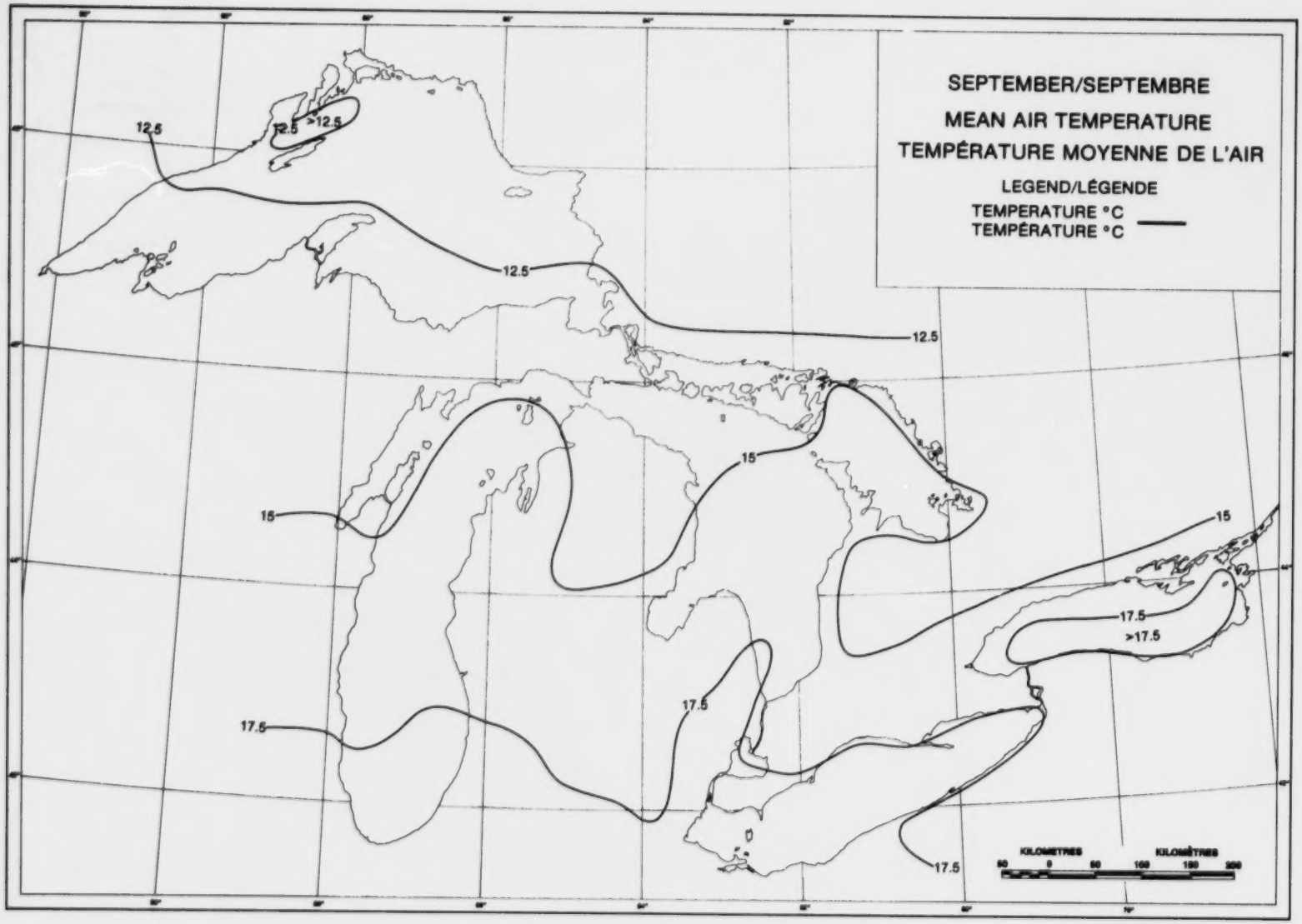

APRIL/AVRIL
MEAN AIR TEMPERATURE
TEMPÉRATURE MOYENNE DE L'AIR
LEGEND/LÉGENDE
TEMPERATURE °C
TEMPÉRATURE °C
2.5
2.5
5
<5
5
7.5
7.5
5
<5
5
<5
5
<5
7.5
KILOMETRES
KILOMÈTRES
50 0 50 100 150 200

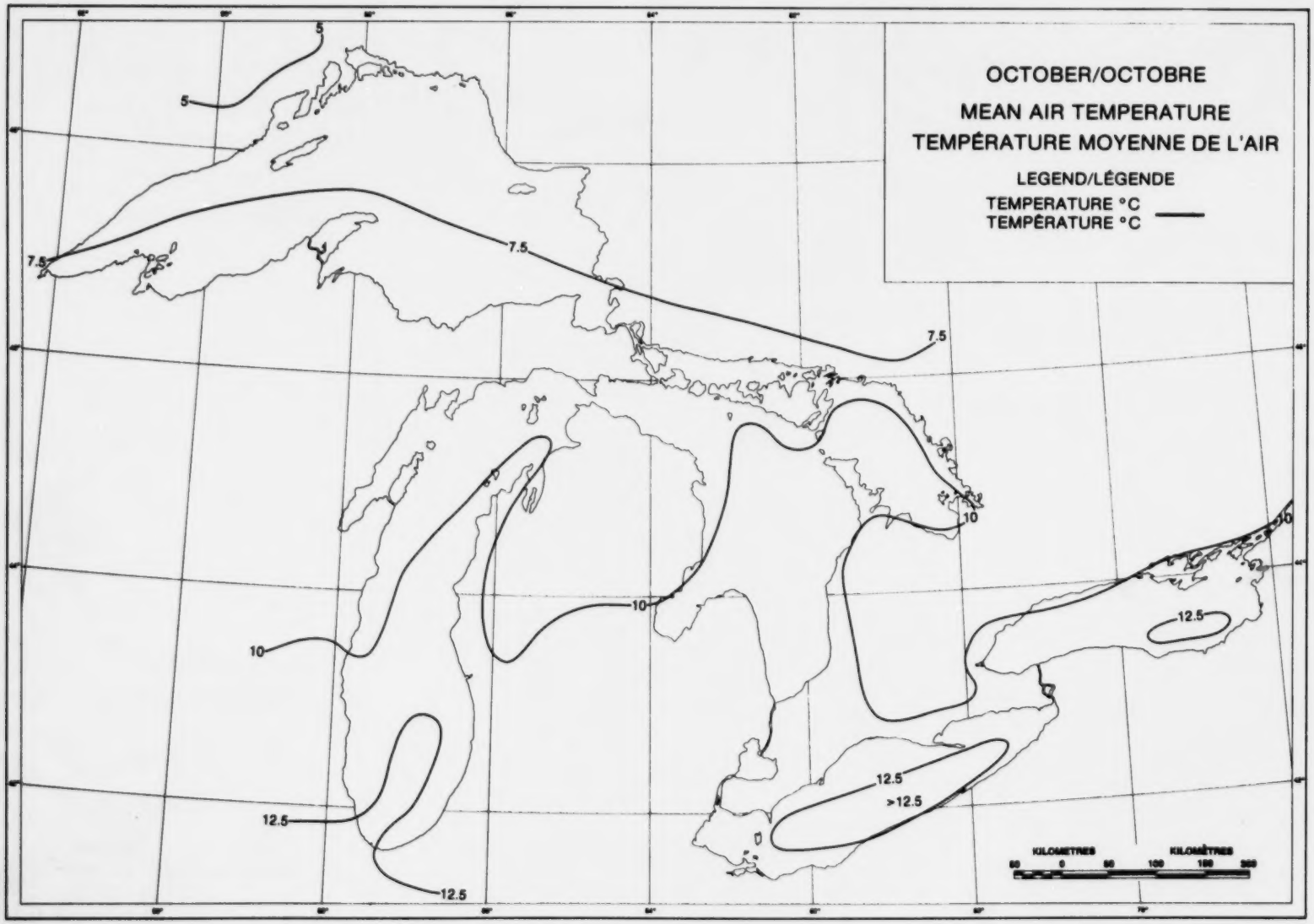

MAY/MAI
MEAN AIR TEMPERATURE
TEMPÉRATURE MOYENNE DE L'AIR
LEGEND/LÉGENDE
TEMPERATURE °C
TEMPÉRATURE °C
7.5
5
<5
10
7.5
10
12.5
7.5
<7.5
7.5
<7.5
7.5
<7.5
12.5
10
<10
15
10
12.5
12.5
<12.5
10
12.5
15
15
KILOMETRES
KILOMÈTRES
50 0 50 100 150 200

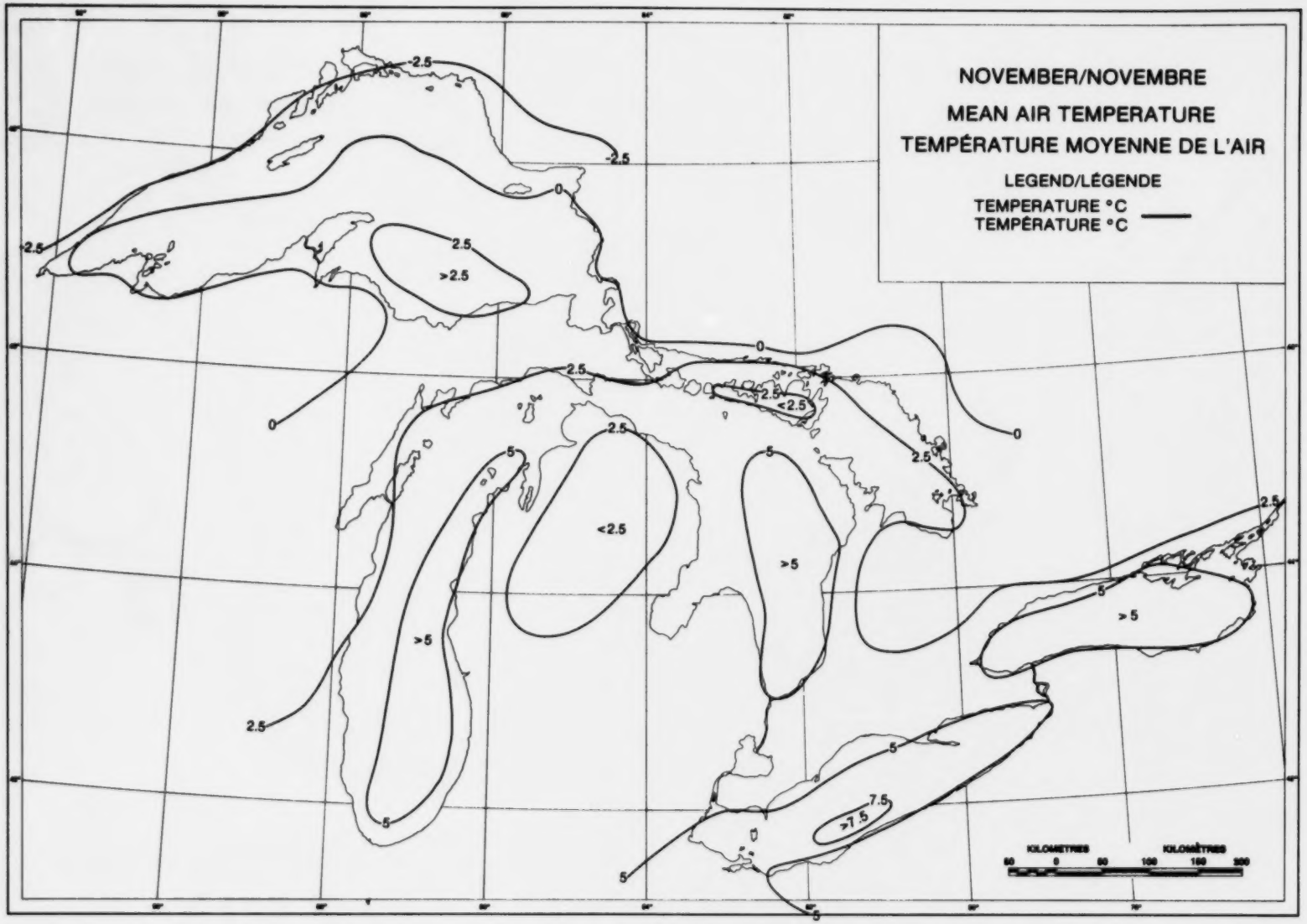

JUNE/JUIN
MEAN AIR TEMPERATURE
TEMPÉRATURE MOYENNE DE L'AIR
LEGEND/LÉGENDE
TEMPERATURE °C
TEMPÉRATURE °C
KILOMETRES
KILOMÈTRES
12.5
10
15
7.5
<7.5
17.5
<10
<12.5
20
<15
<17.5

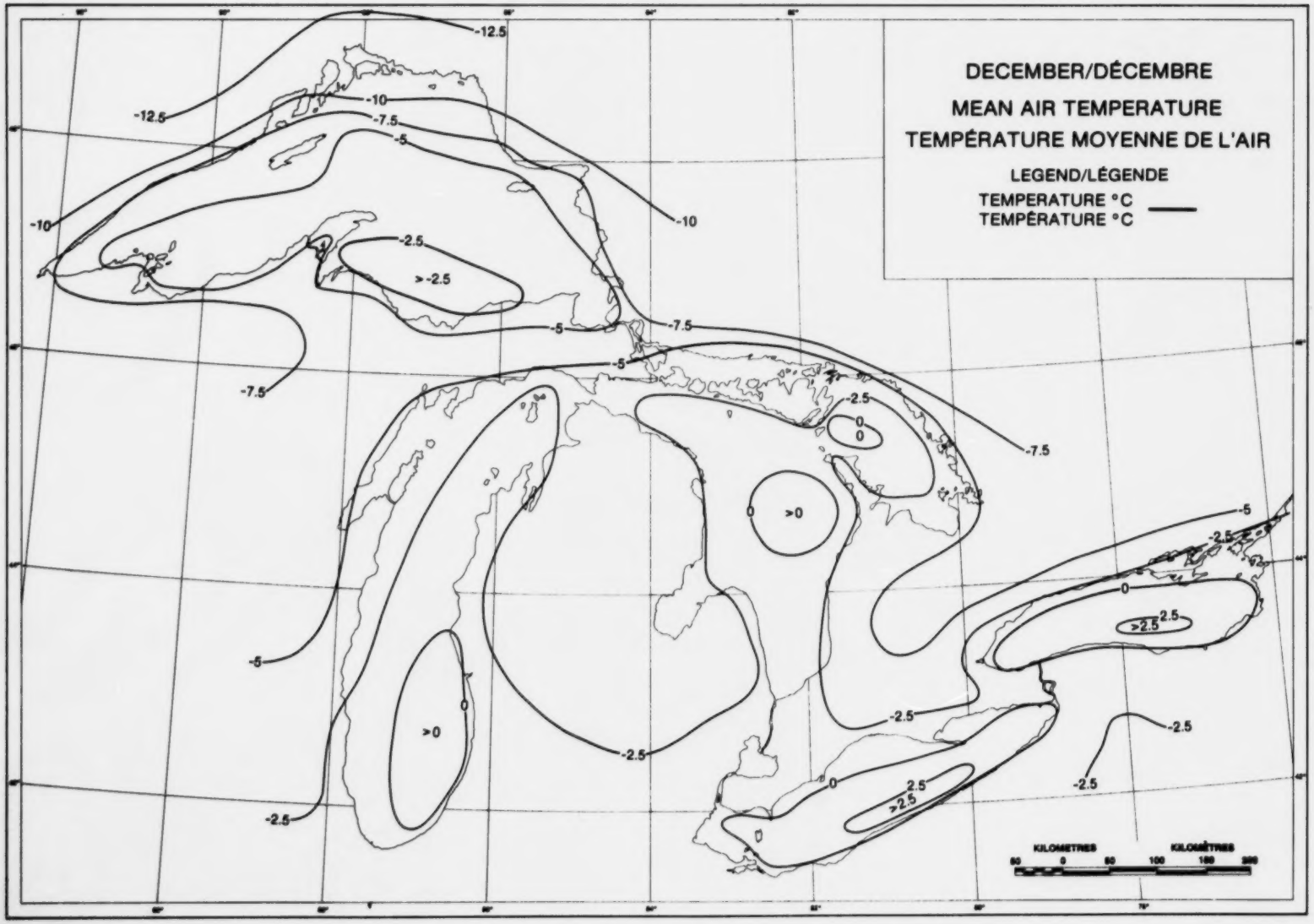

JULY/JUILLET
MEAN AIR TEMPERATURE
TEMPÉRATURE MOYENNE DE L'AIR
LEGEND/LÉGENDE
TEMPERATURE °C
TEMPÉRATURE °C
17.5
15
12.5
10
<10
20
17.5
<17.5
22.5
<20
KILOMETRES
KILOMÈTRES


AUGUST/AOÛT
MEAN AIR TEMPERATURE
TEMPÉRATURE MOYENNE DE L'AIR
LEGEND/LÉGENDE
TEMPERATURE °C
TEMPÉRATURE °C
15
17.5
12.5
<12.5
15
17.5
<17.5
17.5
17.5
20
20
<20
20
20
<20
20
22.5
22.5
22.5
KILOMETRES
KILOMÈTRES


SEPTEMBER/SEPTEMBRE
MEAN AIR TEMPERATURE
TEMPÉRATURE MOYENNE DE L'AIR
LEGEND/LÉGENDE
TEMPERATURE °C
TEMPÉRATURE °C
12.5
>12.5
15
17.5
KILOMETRES
KILOMÈTRES


OCTOBER/OCTOBRE
MEAN AIR TEMPERATURE
TEMPÉRATURE MOYENNE DE L'AIR
LEGEND/LÉGENDE
TEMPERATURE °C
TEMPÉRATURE °C
5
5
7.5
7.5
7.5
10
10
10
12.5
12.5
12.5
>12.5
KILOMETRES
KILOMÈTRES


NOVEMBER/NOVEMBRE
MEAN AIR TEMPERATURE
TEMPÉRATURE MOYENNE DE L'AIR
LEGEND/LÉGENDE
TEMPERATURE °C
TEMPÉRATURE °C
-2.5
0
2.5
>2.5
<2.5
5
>5
7.5
>7.5
KILOMETRES
KILOMÈTRES

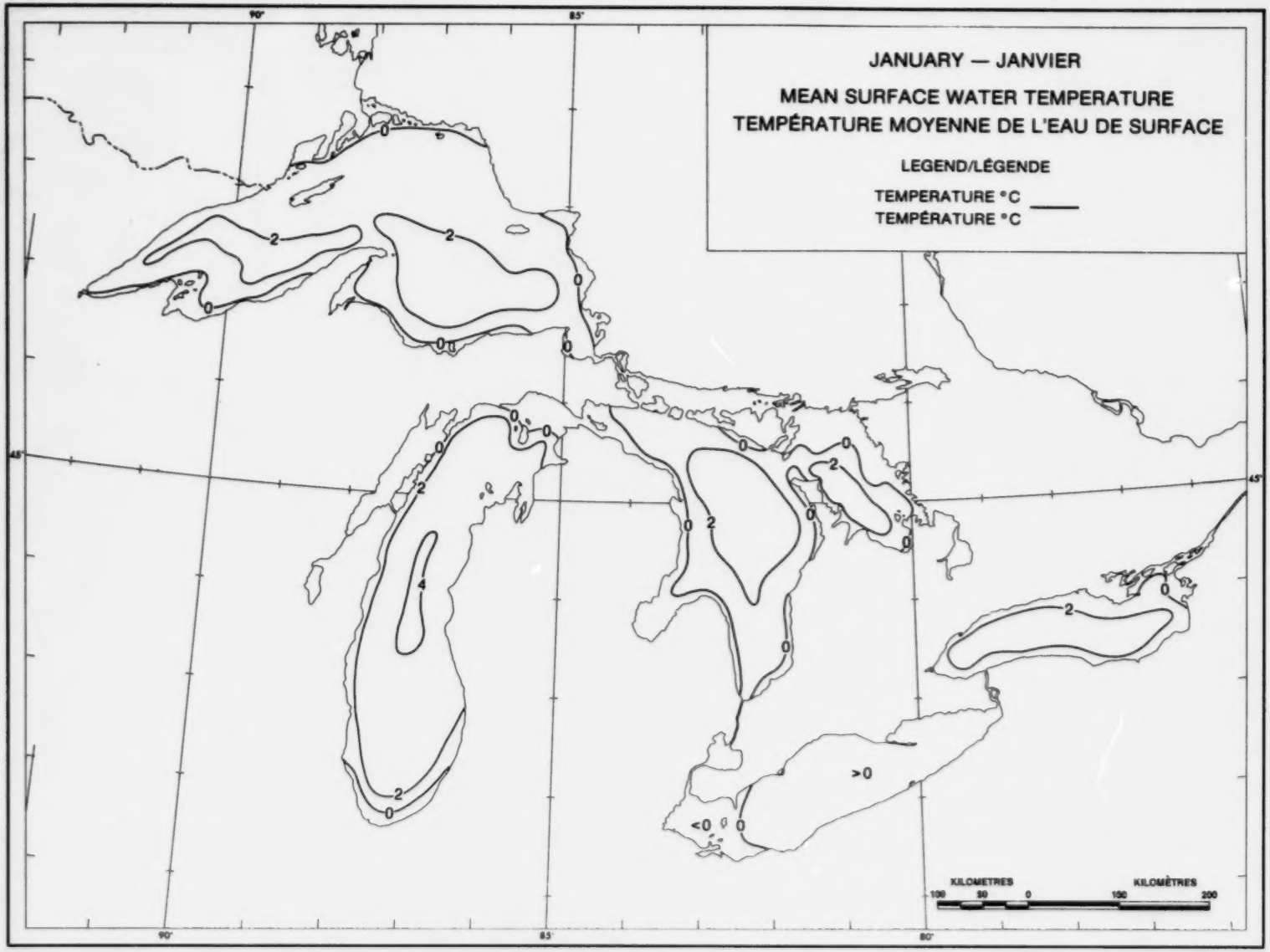

DECEMBER/DÉCEMBRE
MEAN AIR TEMPERATURE
TEMPÉRATURE MOYENNE DE L'AIR
LEGEND/LÉGENDE
TEMPERATURE °C
TEMPÉRATURE °C
-12.5
-10
-7.5
-5
-2.5
>-2.5
0
>0
>2.5
KILOMETRES
KILOMÈTRES

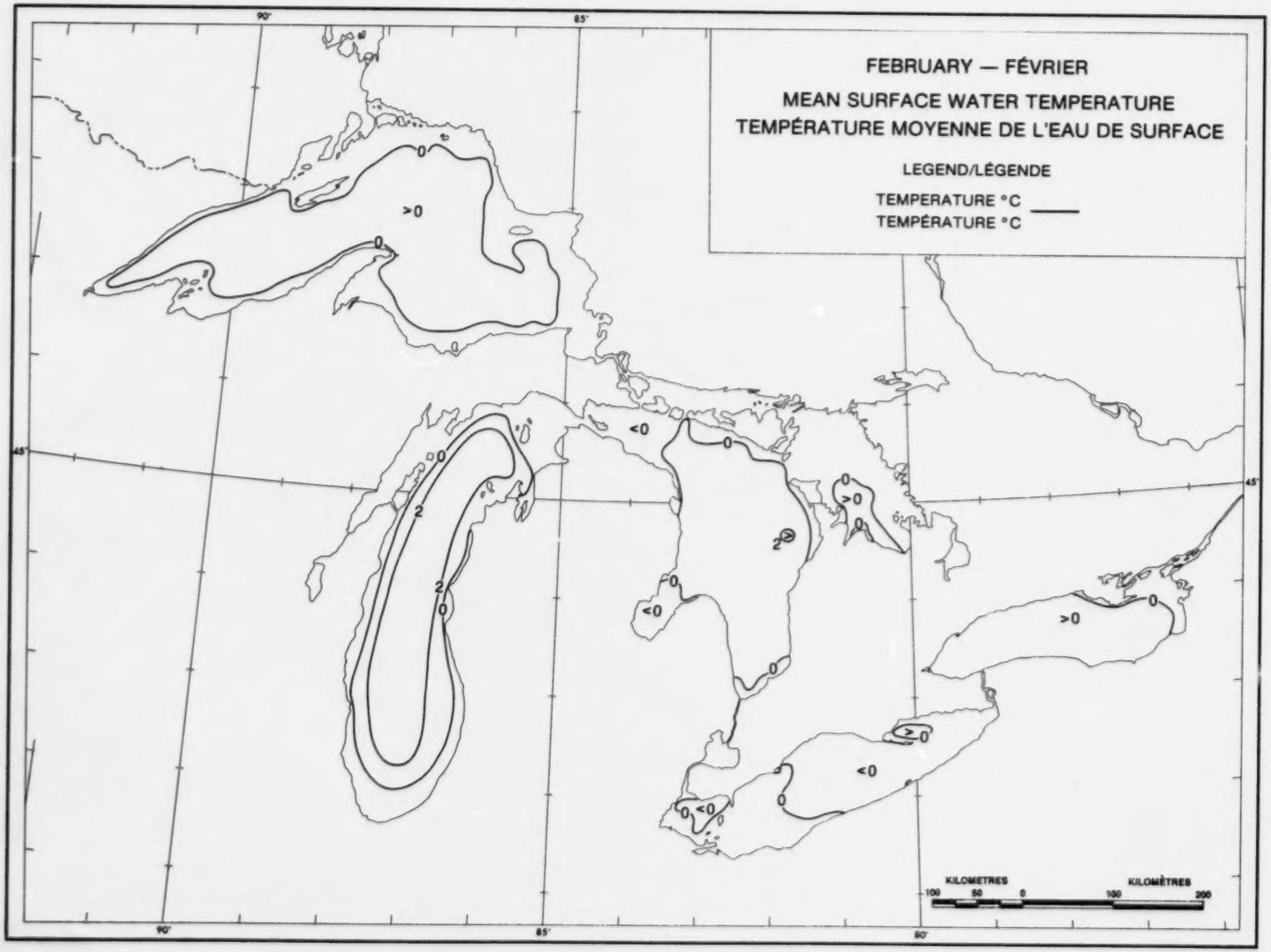
II.2 Monthly Mean Water Temperatures

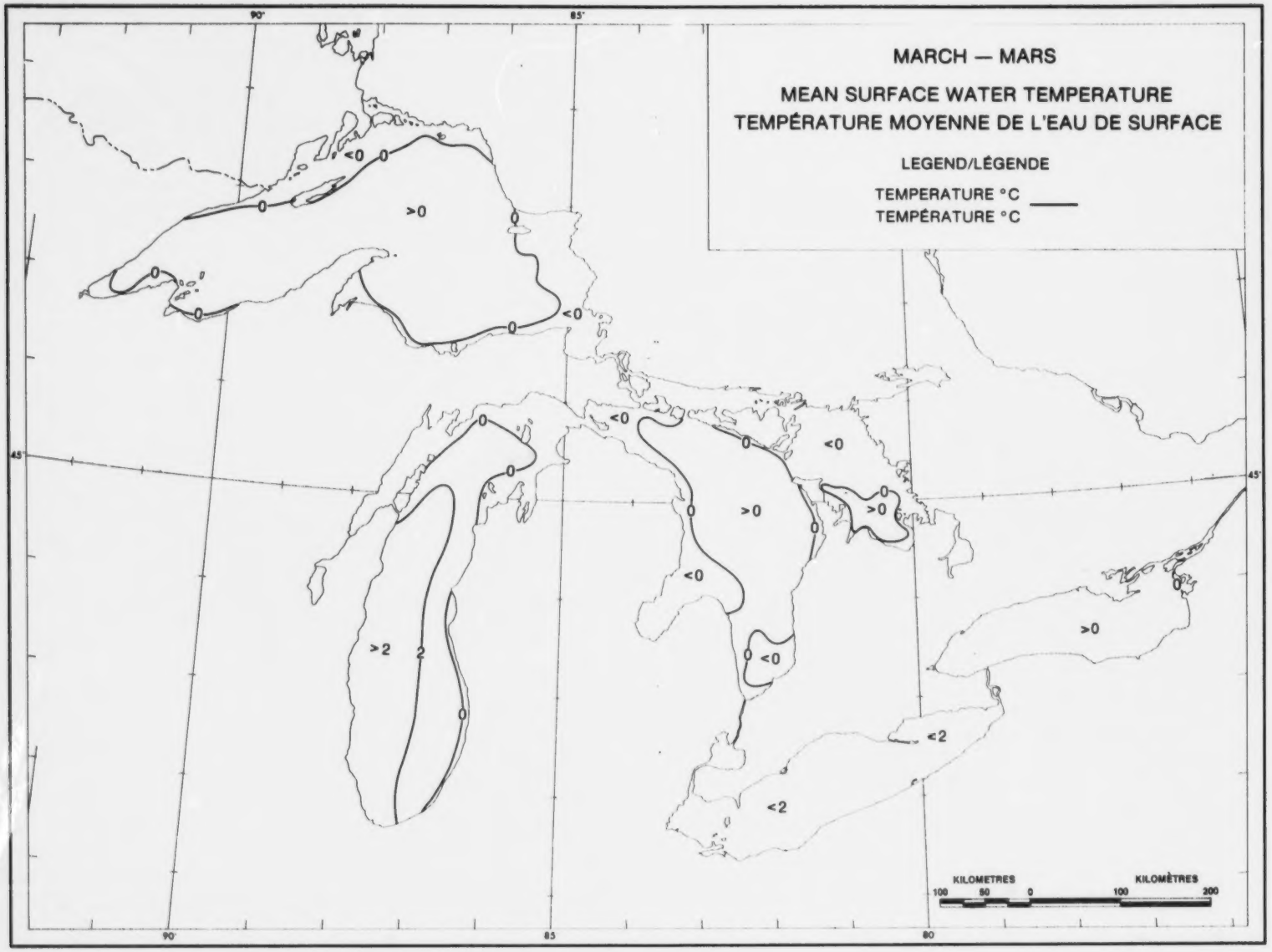
The maps on the following pages show monthly mean water temperatures contoured at 2°C intervals.

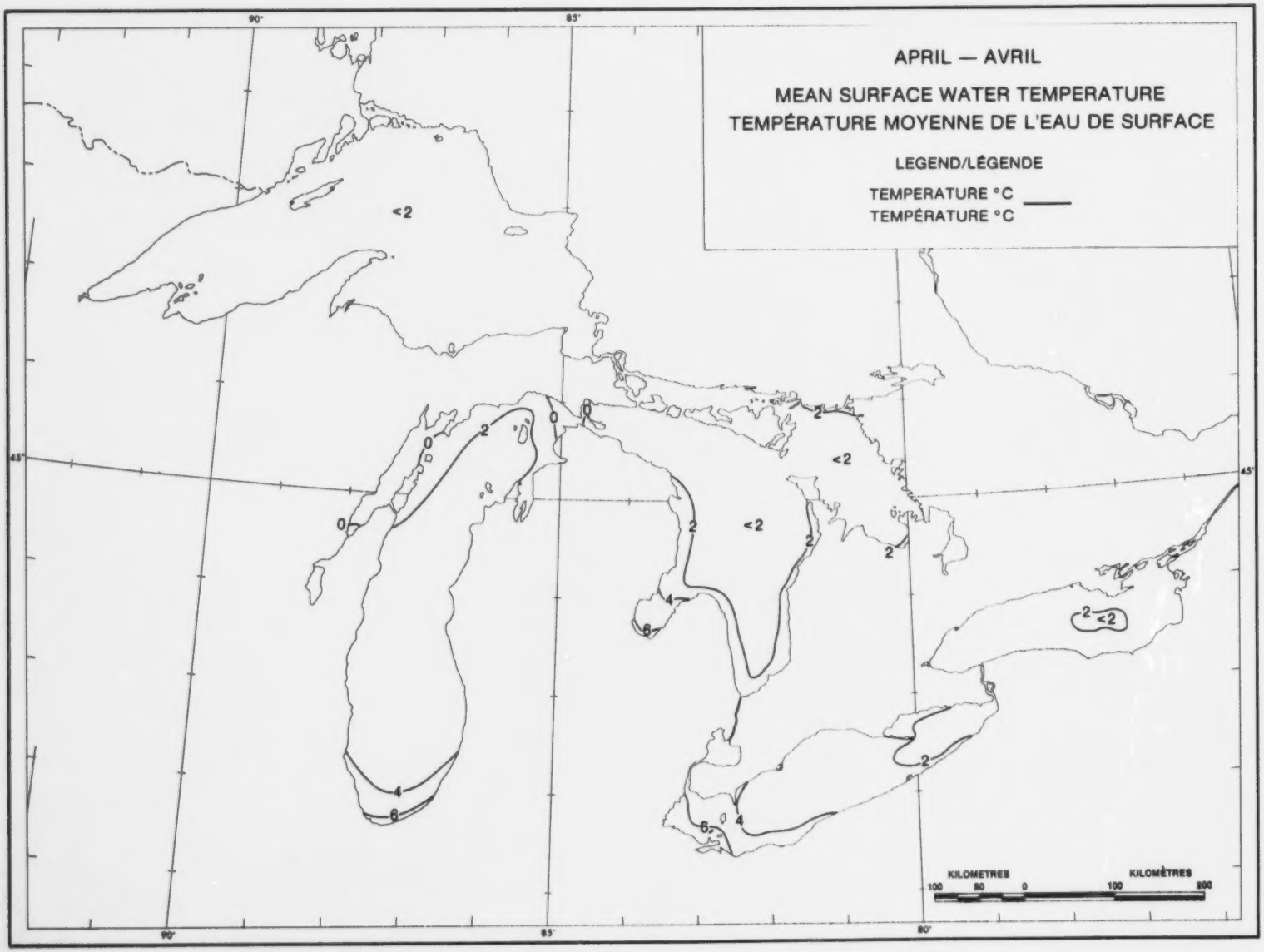
II.2 Températures moyennes mensuelles de l'eau

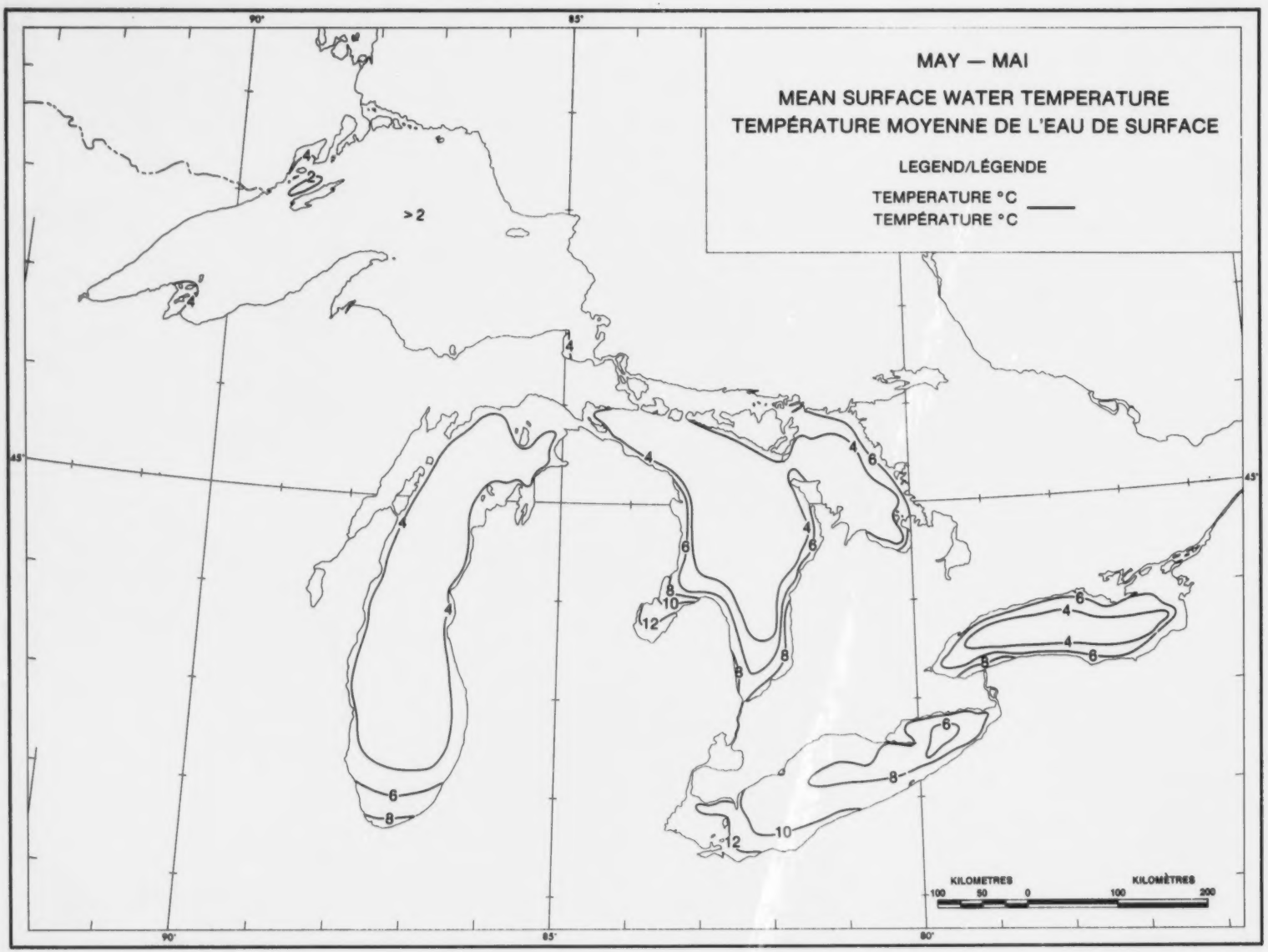
Les cartes qui suivent indiquent les températures moyennes mensuelles de l'eau représentées par des isothermes à 2°C d'intervalle.

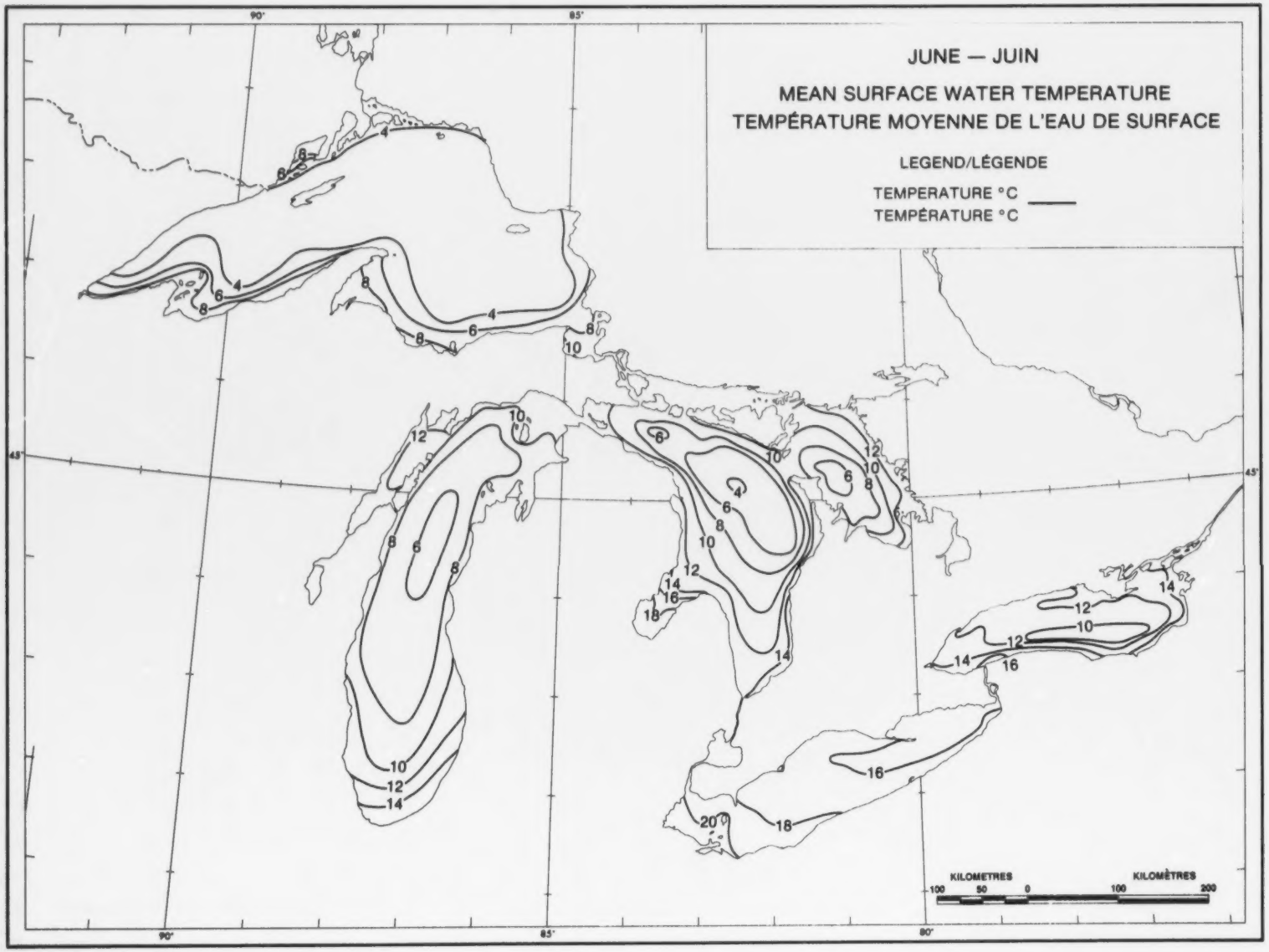

JANUARY — JANVIER
MEAN SURFACE WATER TEMPERATURE
TEMPÉRATURE MOYENNE DE L'EAU DE SURFACE
LEGEND/LÉGENDE
TEMPERATURE °C
TEMPÉRATURE °C
90°
85°
80°
45°
>0
<0
KILOMETRES
KILOMÈTRES
100 50 0 100 200

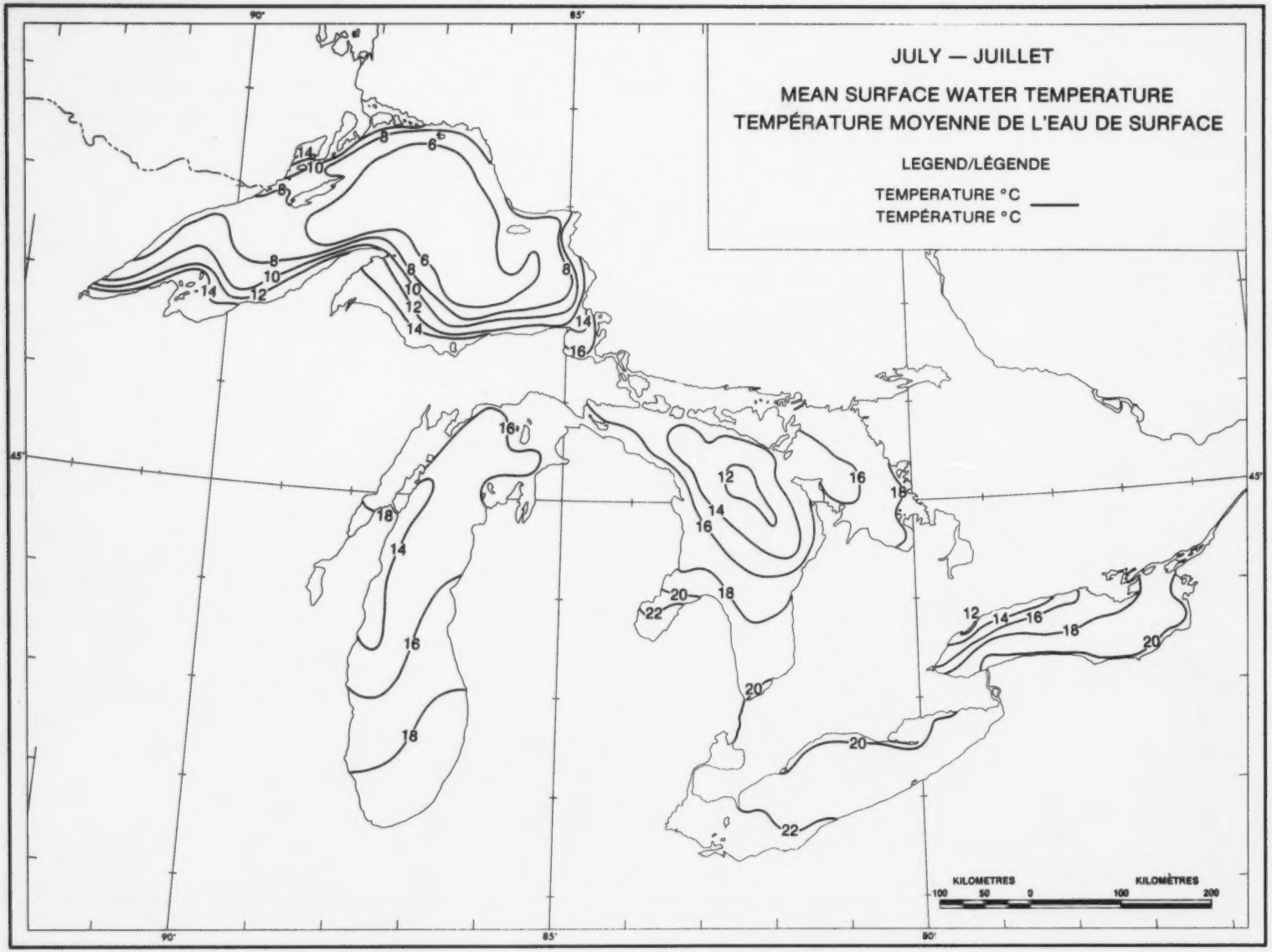

FEBRUARY — FÉVRIER
MEAN SURFACE WATER TEMPERATURE
TEMPÉRATURE MOYENNE DE L'EAU DE SURFACE
LEGEND/LÉGENDE
TEMPERATURE °C
TEMPÉRATURE °C
90°
85°
80°
45°
>0
<0
0
2
KILOMETRES
KILOMÈTRES
100
50
0
100
200

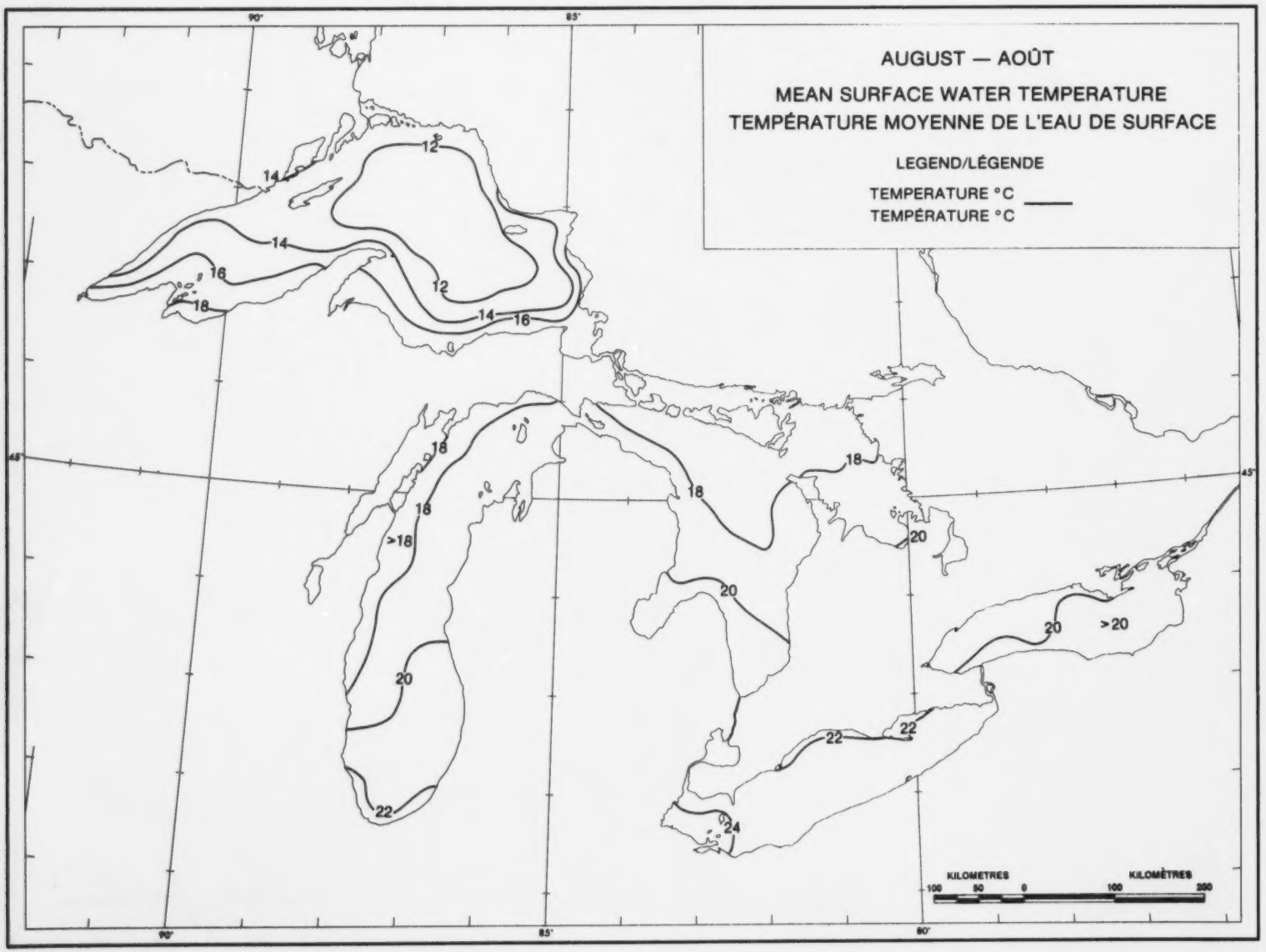

MARCH — MARS
MEAN SURFACE WATER TEMPERATURE
TEMPÉRATURE MOYENNE DE L'EAU DE SURFACE
LEGEND/LÉGENDE
TEMPERATURE °C
TEMPÉRATURE °C
90°
85°
80°
45°
<0
>0
>2
<2
0
KILOMETRES
KILOMÈTRES
100 50 0 100 200

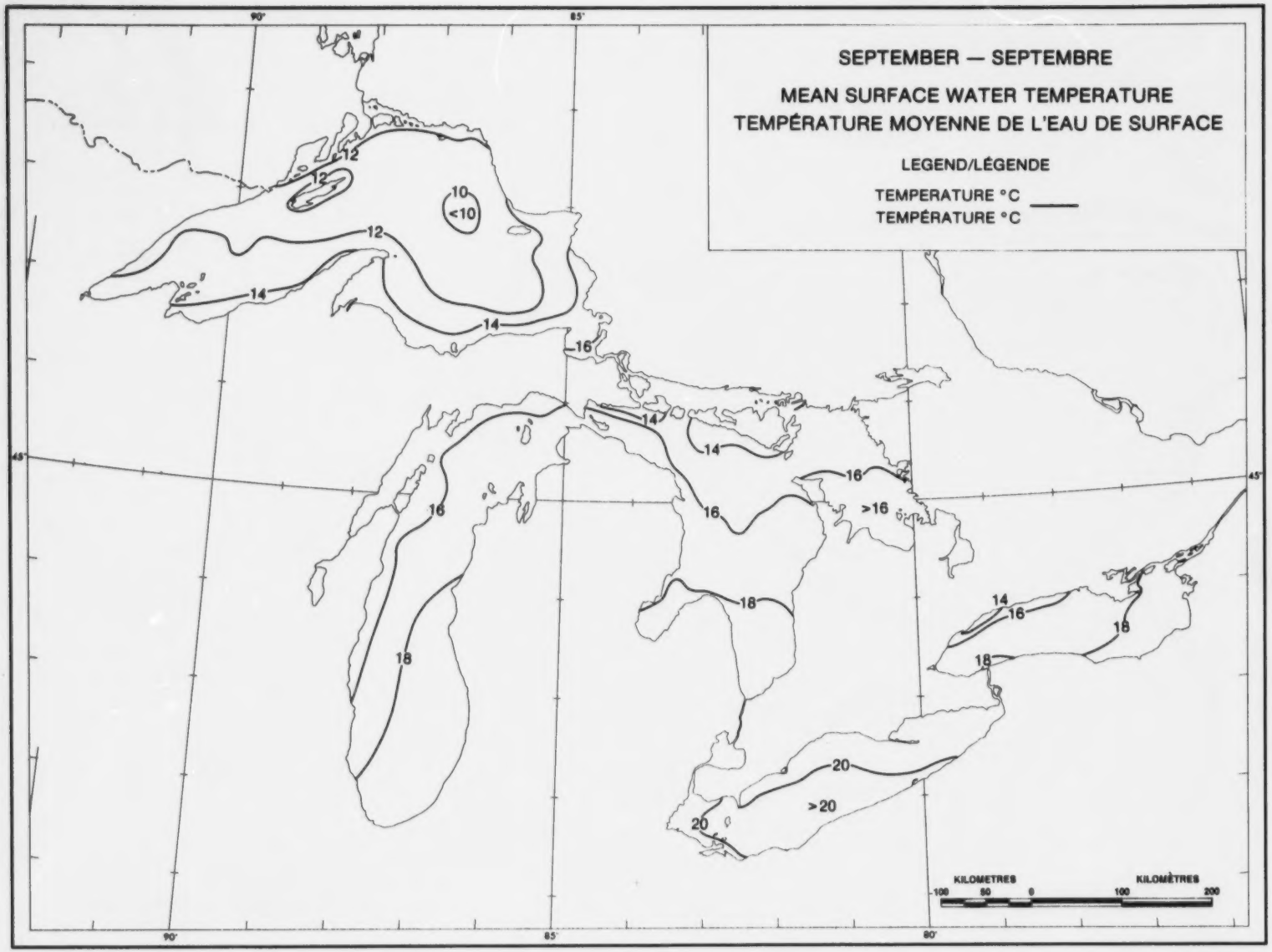

APRIL — AVRIL
MEAN SURFACE WATER TEMPERATURE
TEMPÉRATURE MOYENNE DE L'EAU DE SURFACE
LEGEND/LÉGENDE
TEMPERATURE °C
TEMPÉRATURE °C
90°
85°
80°
45°
<2
0
2
4
6
KILOMETRES
KILOMÈTRES
100 50 0 100 200

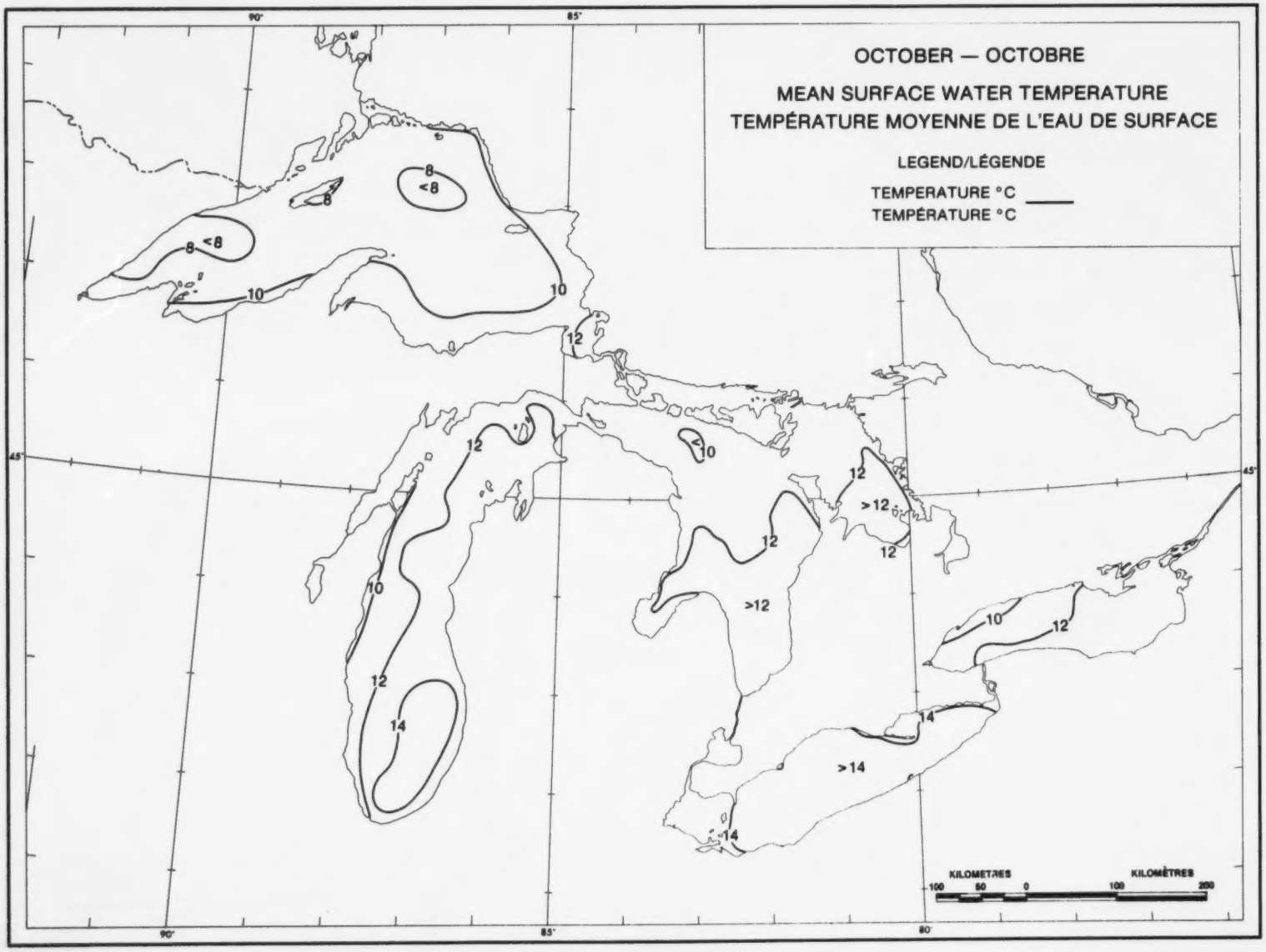

MAY — MAI
MEAN SURFACE WATER TEMPERATURE
TEMPÉRATURE MOYENNE DE L'EAU DE SURFACE
LEGEND/LÉGENDE
TEMPERATURE °C
TEMPÉRATURE °C
90°
85°
80°
45°
>2
KILOMETRES
KILOMÈTRES
100 50 0 100 200

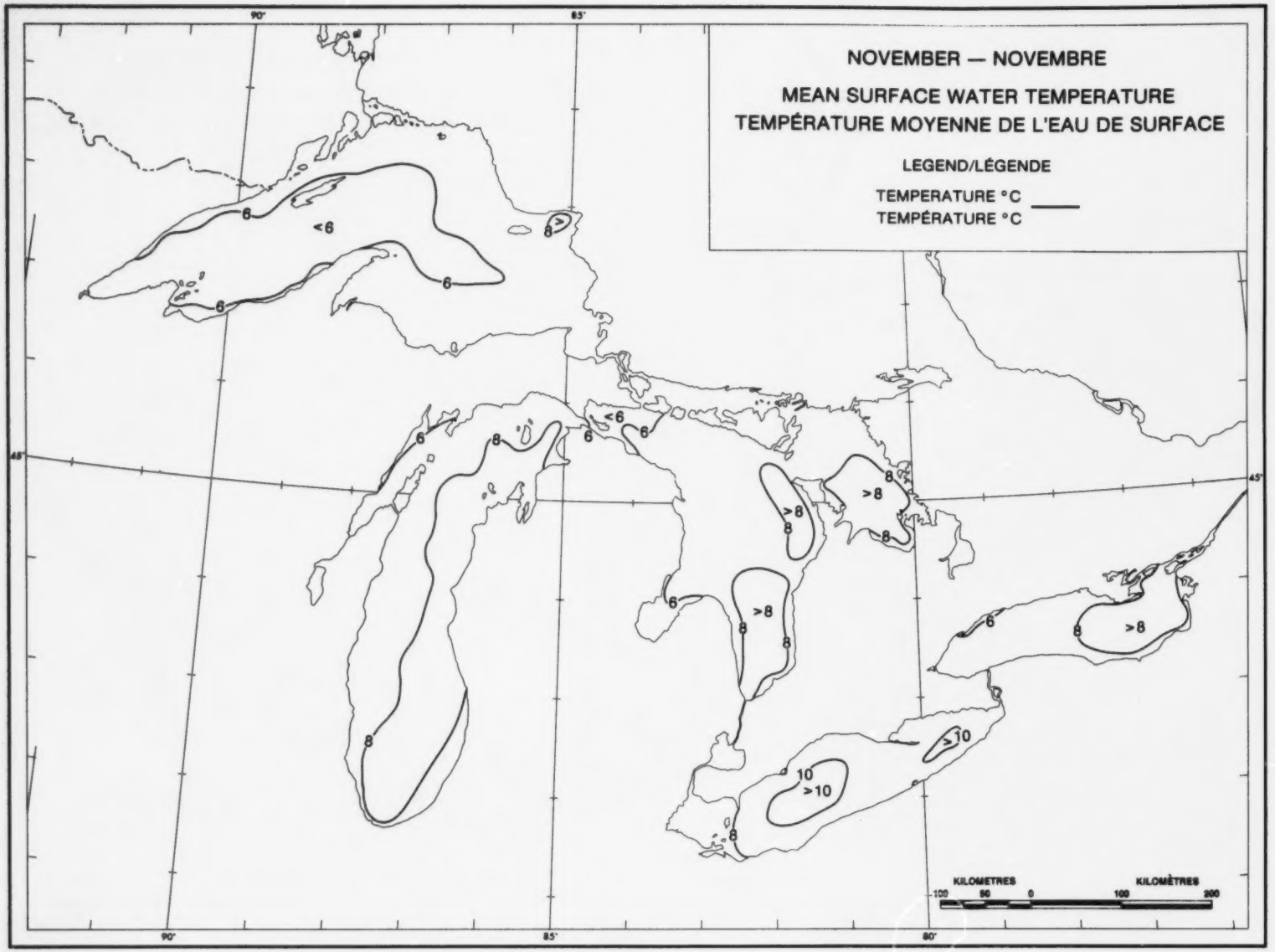

JUNE — JUIN
MEAN SURFACE WATER TEMPERATURE
TEMPÉRATURE MOYENNE DE L'EAU DE SURFACE
LEGEND/LÉGENDE
TEMPERATURE °C
TEMPÉRATURE °C
KILOMETRES
KILOMÈTRES
100 50 0 100 200
90°
85°
80°
45°

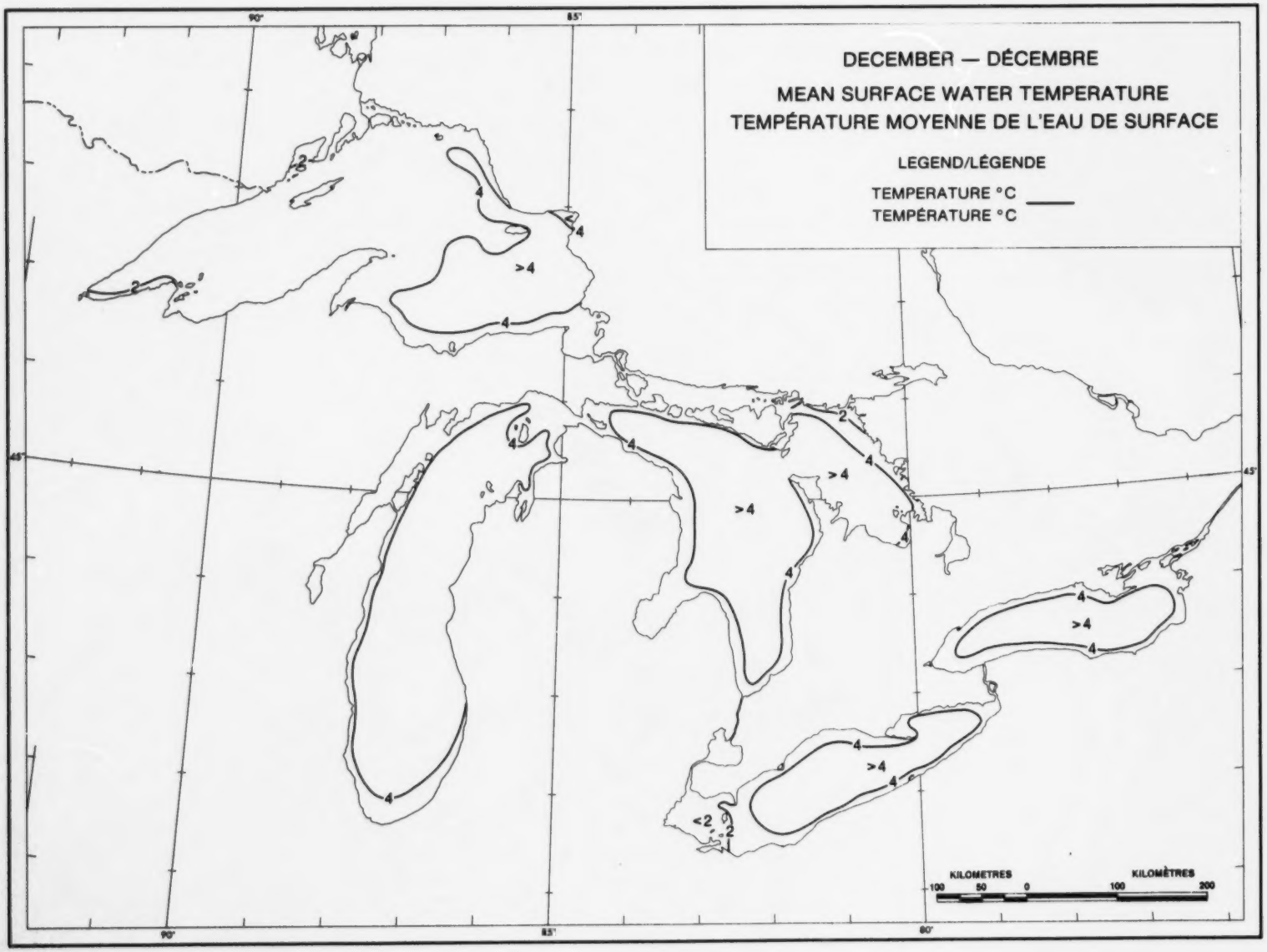

JULY — JUILLET
MEAN SURFACE WATER TEMPERATURE
TEMPÉRATURE MOYENNE DE L'EAU DE SURFACE
LEGEND/LÉGENDE
TEMPERATURE °C
TEMPÉRATURE °C
90°
85°
80°
45°
KILOMETRES
KILOMÈTRES
100 50 0 100 200


AUGUST — AOÛT
MEAN SURFACE WATER TEMPERATURE
TEMPÉRATURE MOYENNE DE L'EAU DE SURFACE
LEGEND/LÉGENDE
TEMPERATURE °C
TEMPÉRATURE °C
90°
85°
80°
45°
12
14
16
18
>18
20
>20
22
24
KILOMETRES
KILOMÈTRES
100 50 0 100 200


SEPTEMBER — SEPTEMBRE
MEAN SURFACE WATER TEMPERATURE
TEMPÉRATURE MOYENNE DE L'EAU DE SURFACE
LEGEND/LÉGENDE
TEMPERATURE °C
TEMPÉRATURE °C
90°
85°
80°
45°
10
<10
12
14
16
18
20
>16
>20
KILOMETRES
KILOMÈTRES
100
50
0
100
200


OCTOBER — OCTOBRE
MEAN SURFACE WATER TEMPERATURE
TEMPÉRATURE MOYENNE DE L'EAU DE SURFACE
LEGEND/LÉGENDE
TEMPERATURE °C
TEMPÉRATURE °C
90°
85°
80°
45°
8
<8
10
12
14
>12
>14
KILOMETRES
KILOMÈTRES
100
50
0
100
200


NOVEMBER — NOVEMBRE
MEAN SURFACE WATER TEMPERATURE
TEMPÉRATURE MOYENNE DE L'EAU DE SURFACE
LEGEND/LÉGENDE
TEMPERATURE °C
TEMPÉRATURE °C
90°
85°
80°
45°
<6
6
8
>8
10
>10
KILOMETRES
KILOMÈTRES
100 50 0 100 200

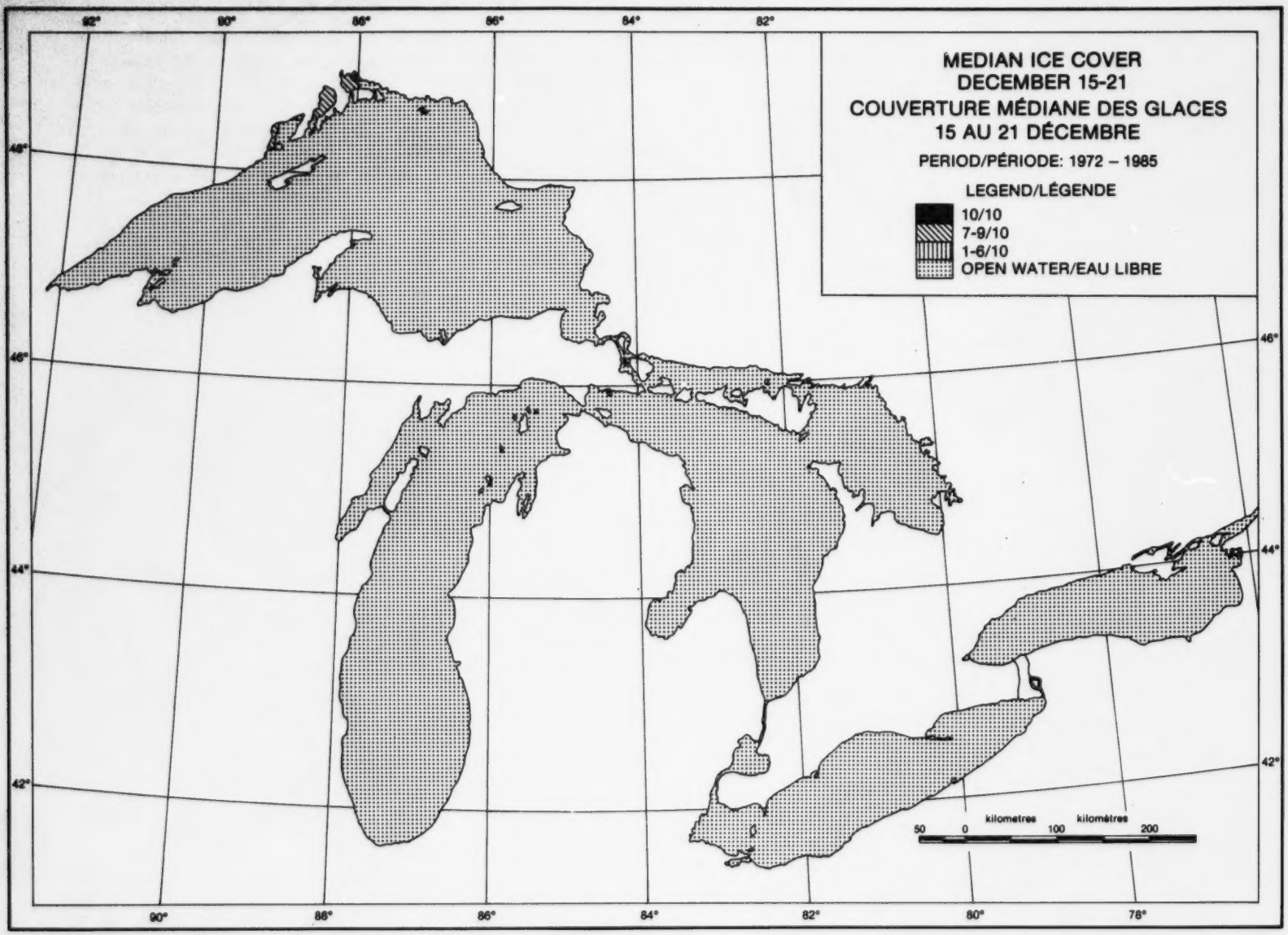

DECEMBER — DÉCEMBRE
MEAN SURFACE WATER TEMPERATURE
TEMPÉRATURE MOYENNE DE L'EAU DE SURFACE
LEGEND/LÉGENDE
TEMPERATURE °C
TEMPÉRATURE °C
90°
85°
80°
45°
<2
2
4
>4
KILOMETRES
KILOMÈTRES
100 50 0 100 200

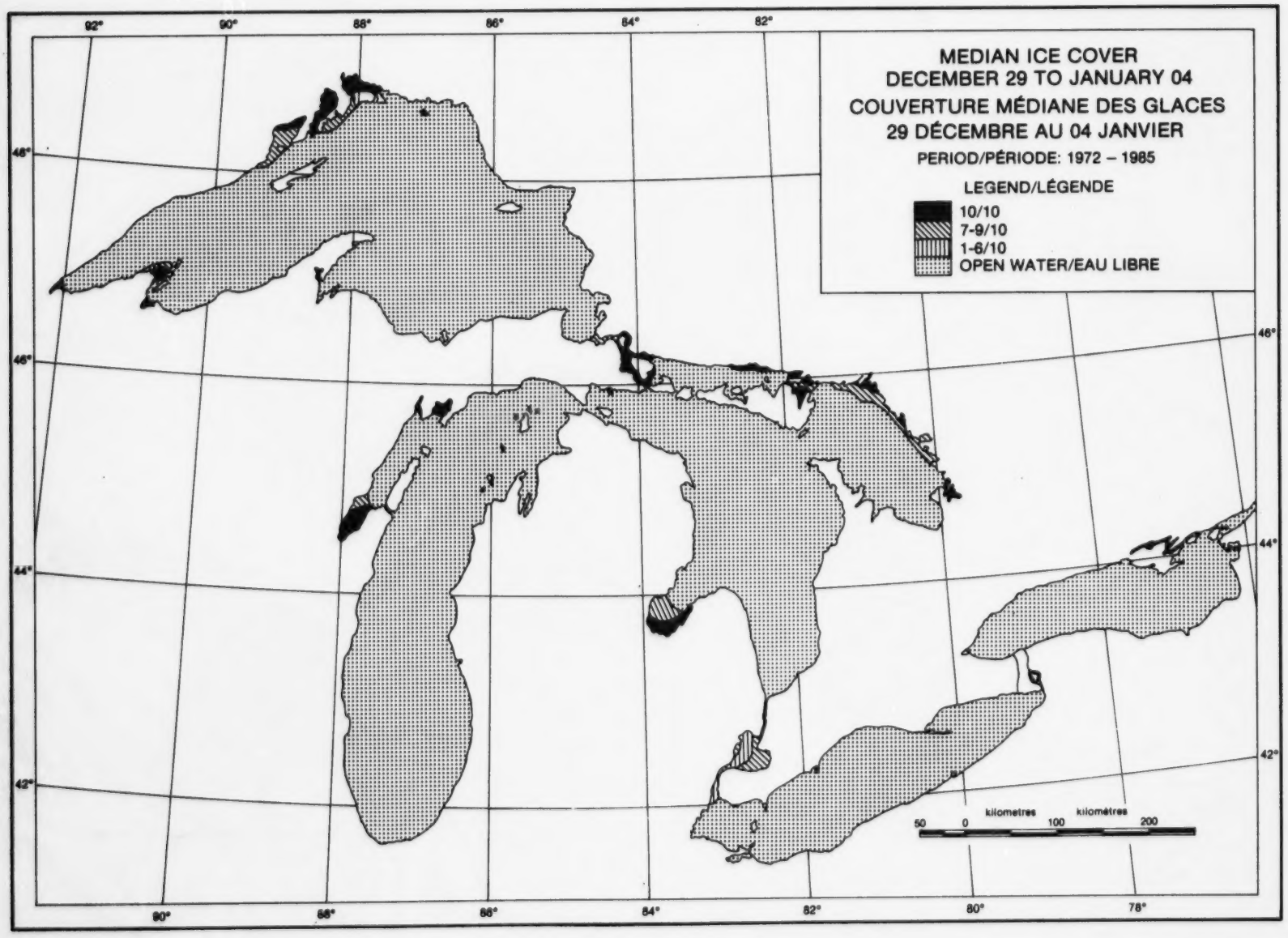
II.3 Ice Cover Maps

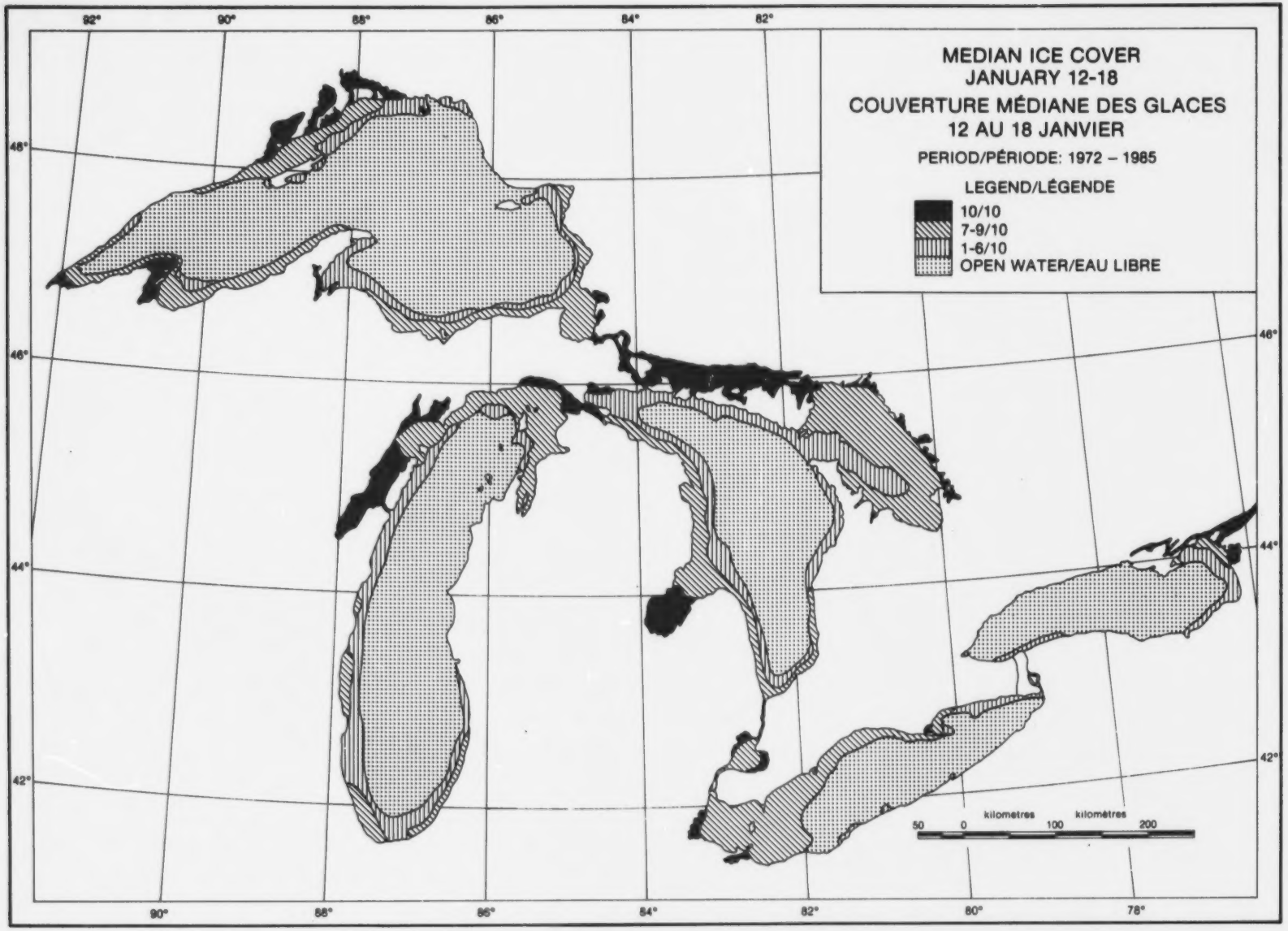
A series of ice maps, for every other week during the ice season follows, depicting weekly median ice concentrations within selected ranges. The last two charts in this series delineate the maximum and minimum ice coverage observed on each lake near the normal time of greatest ice coverage.

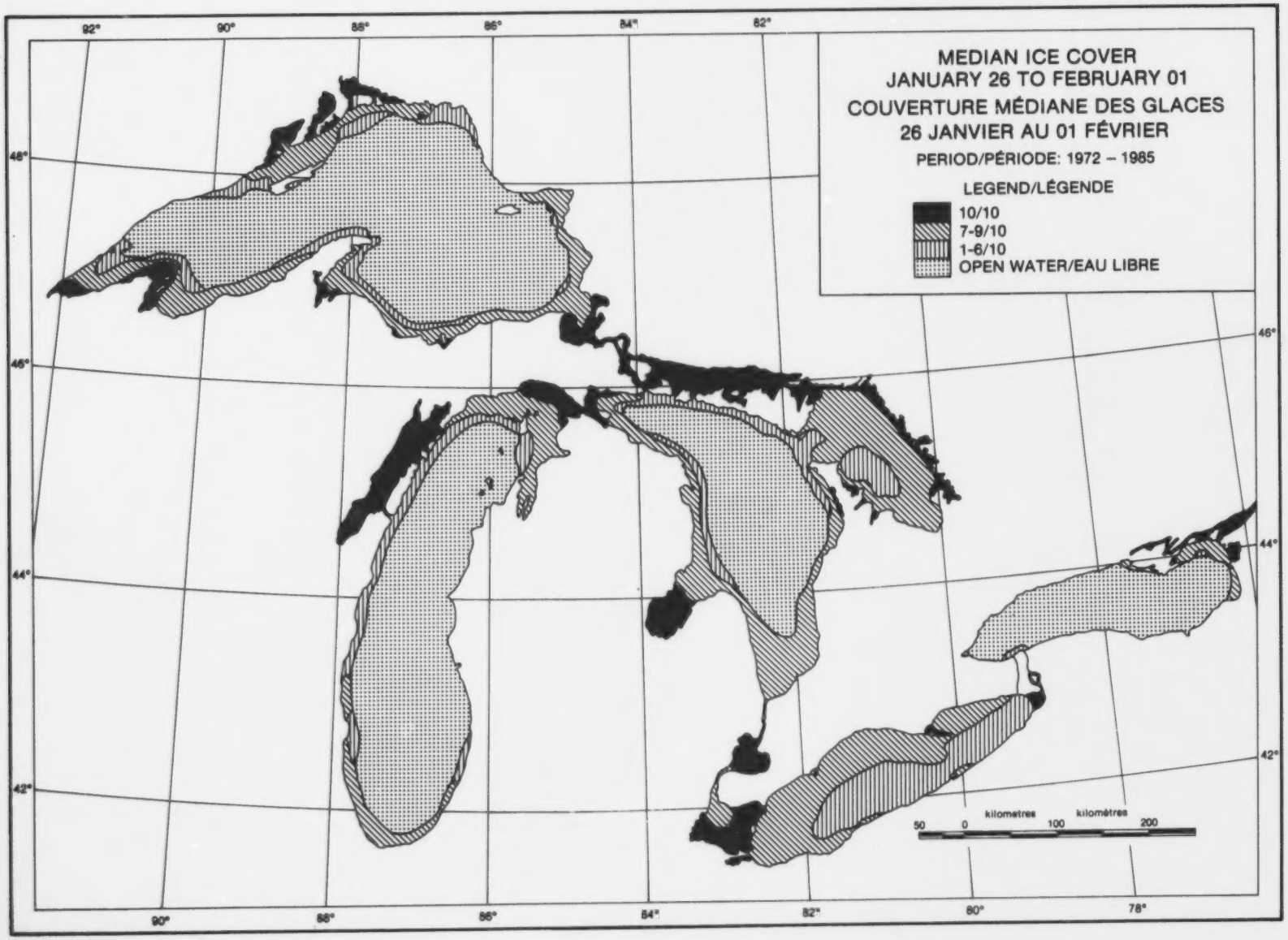
II.3 Cartes de la couche de glace

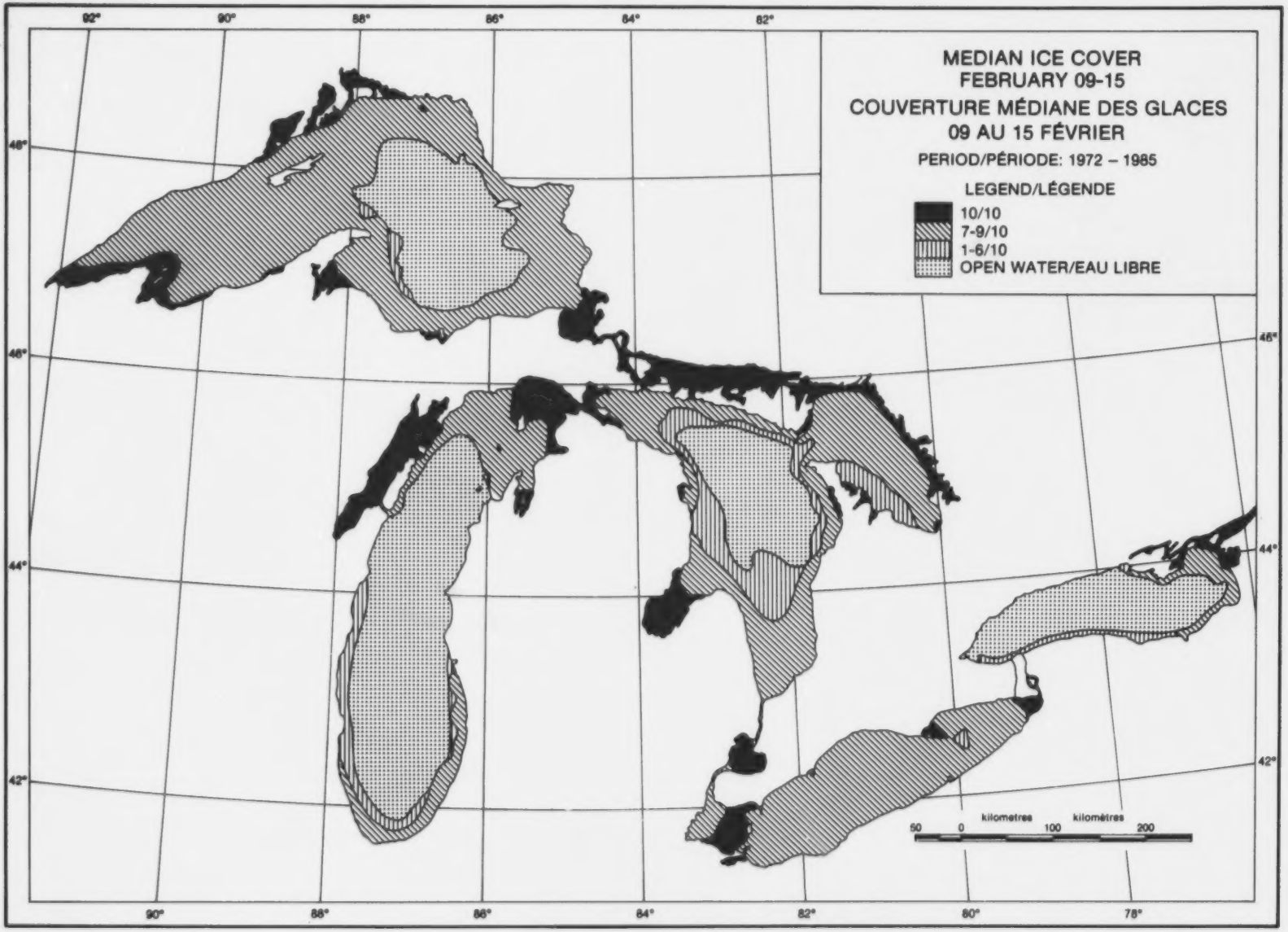
La série de cartes des glaces qui suit illustre, pour chaque quinzaine au cours de la saison des glaces, les concentrations hebdomadaires moyennes de glace pour des gammes de valeurs choisies. Les deux dernières cartes de la série indiquent les couches de glace minimale et maximale observées sur chaque lac au moment où la couche de glace atteint normalement son maximum.

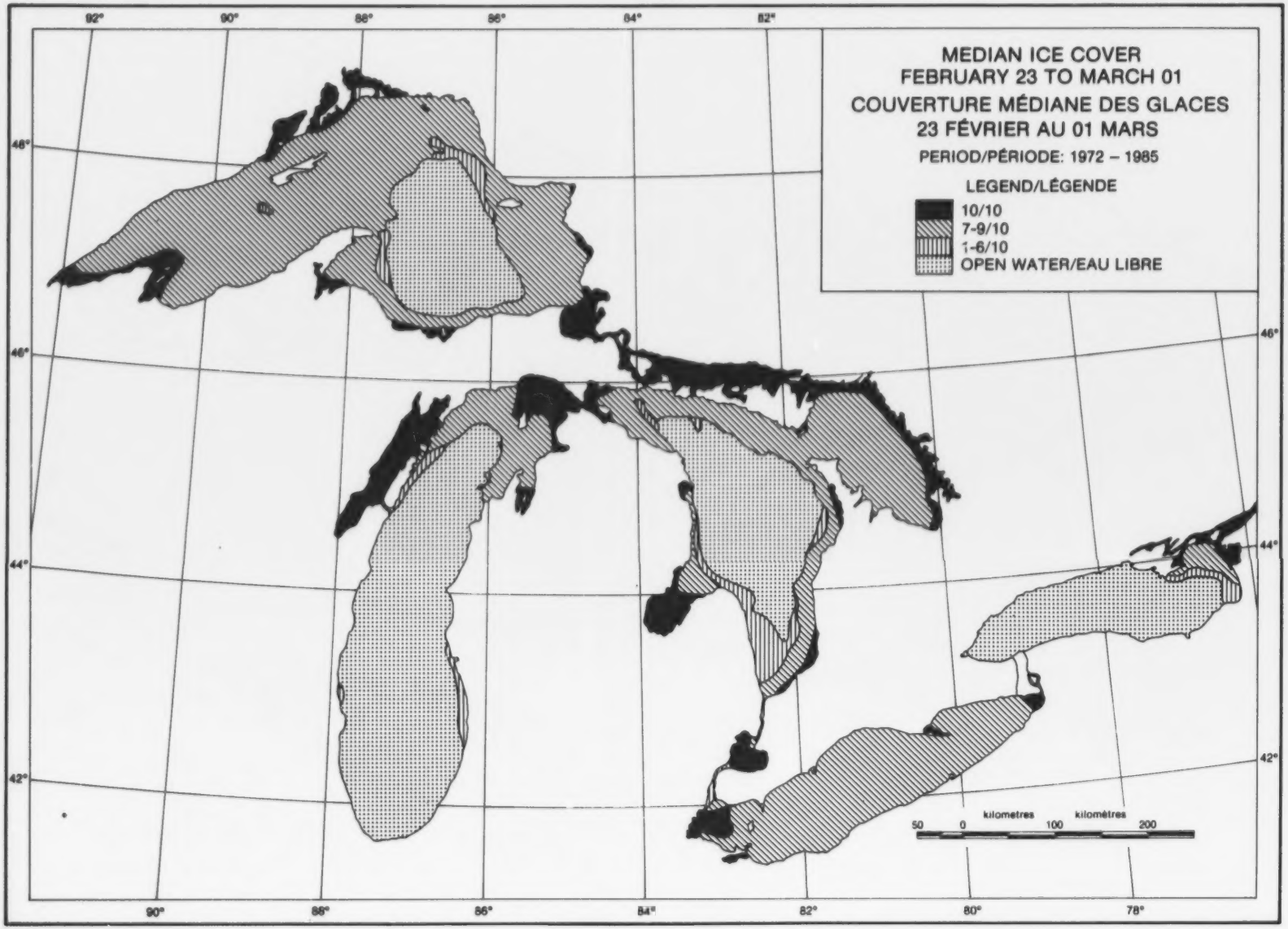

MEDIAN ICE COVER
DECEMBER 15-21
COUVERTURE MÉDIANE DES GLACES
15 AU 21 DÉCEMBRE
PERIOD/PÉRIODE: 1972 – 1985
LEGEND/LÉGENDE
10/10
7-9/10
1-6/10
OPEN WATER/EAU LIBRE
92°
90°
88°
86°
84°
82°
80°
78°
48°
46°
44°
42°
kilometres
kilomètres
50
0
100
200

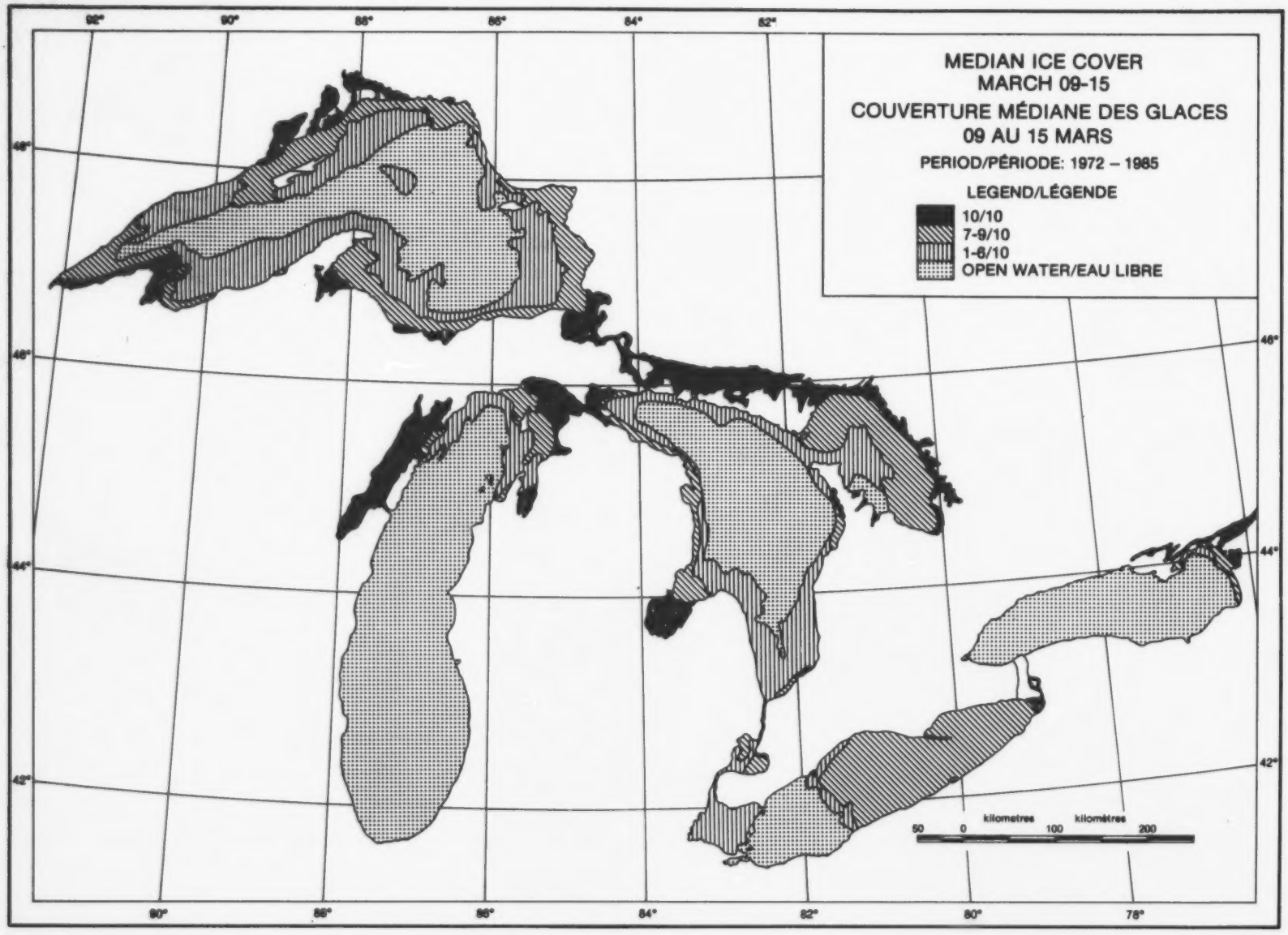

MEDIAN ICE COVER
DECEMBER 29 TO JANUARY 04
COUVERTURE MÉDIANE DES GLACES
29 DÉCEMBRE AU 04 JANVIER
PERIOD/PÉRIODE: 1972 – 1985
LEGEND/LÉGENDE
10/10
7-9/10
1-6/10
OPEN WATER/EAU LIBRE
kilometres
kilomètres
50 0 100 200
92°
90°
88°
86°
84°
82°
80°
78°
48°
46°
44°
42°

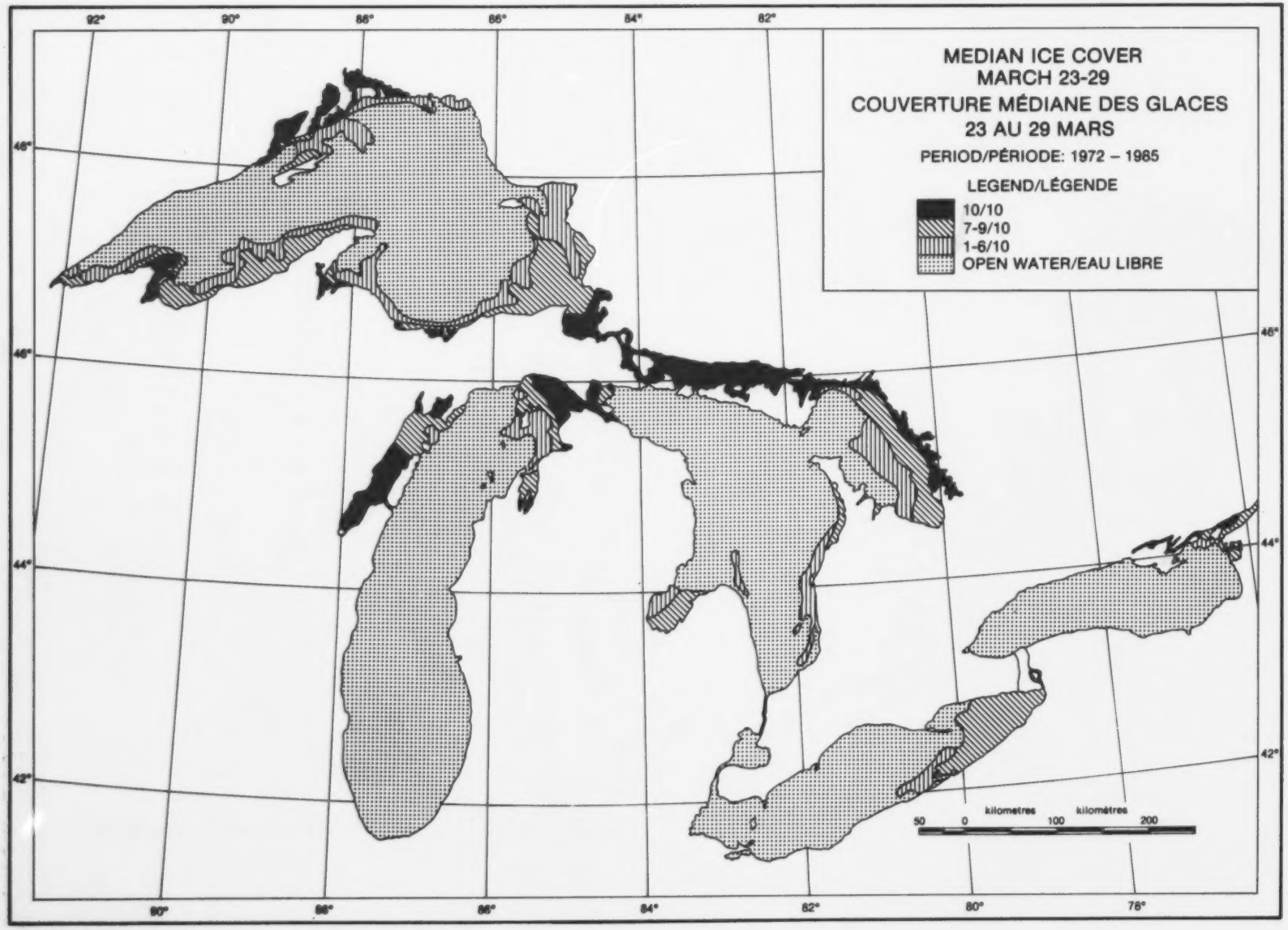

MEDIAN ICE COVER
JANUARY 12-18
COUVERTURE MÉDIANE DES GLACES
12 AU 18 JANVIER
PERIOD/PÉRIODE: 1972 – 1985
LEGEND/LÉGENDE
10/10
7-9/10
1-6/10
OPEN WATER/EAU LIBRE
92°
90°
88°
86°
84°
82°
48°
46°
44°
42°
80°
78°
kilometres
kilomètres
50
0
100
200

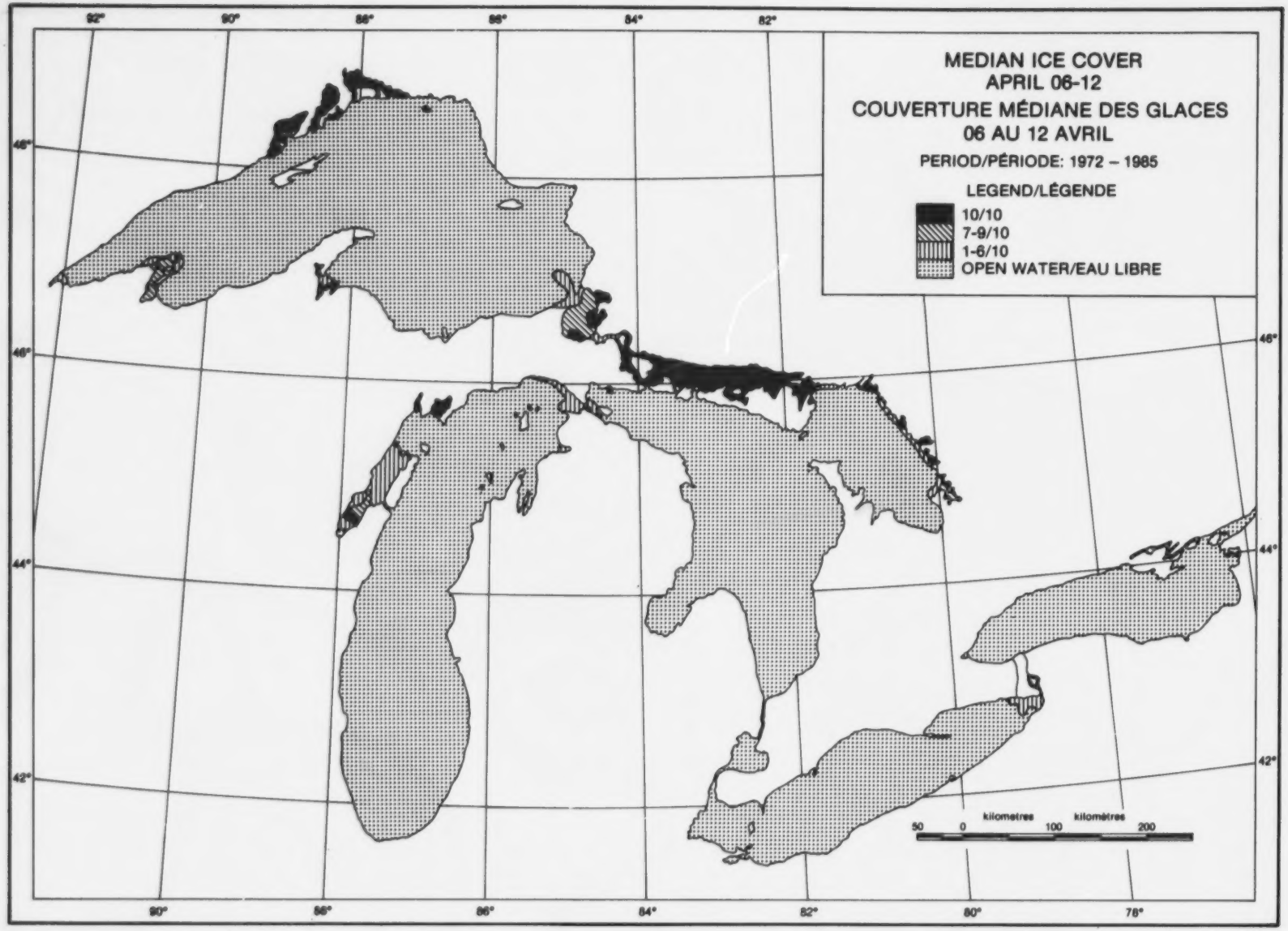

MEDIAN ICE COVER
JANUARY 26 TO FEBRUARY 01
COUVERTURE MÉDIANE DES GLACES
26 JANVIER AU 01 FÉVRIER
PERIOD/PÉRIODE: 1972 – 1985
LEGEND/LÉGENDE
10/10
7-9/10
1-6/10
OPEN WATER/EAU LIBRE
kilometres
kilomètres
50 0 100 200
92°
90°
88°
86°
84°
82°
80°
78°
48°
46°
44°
42°

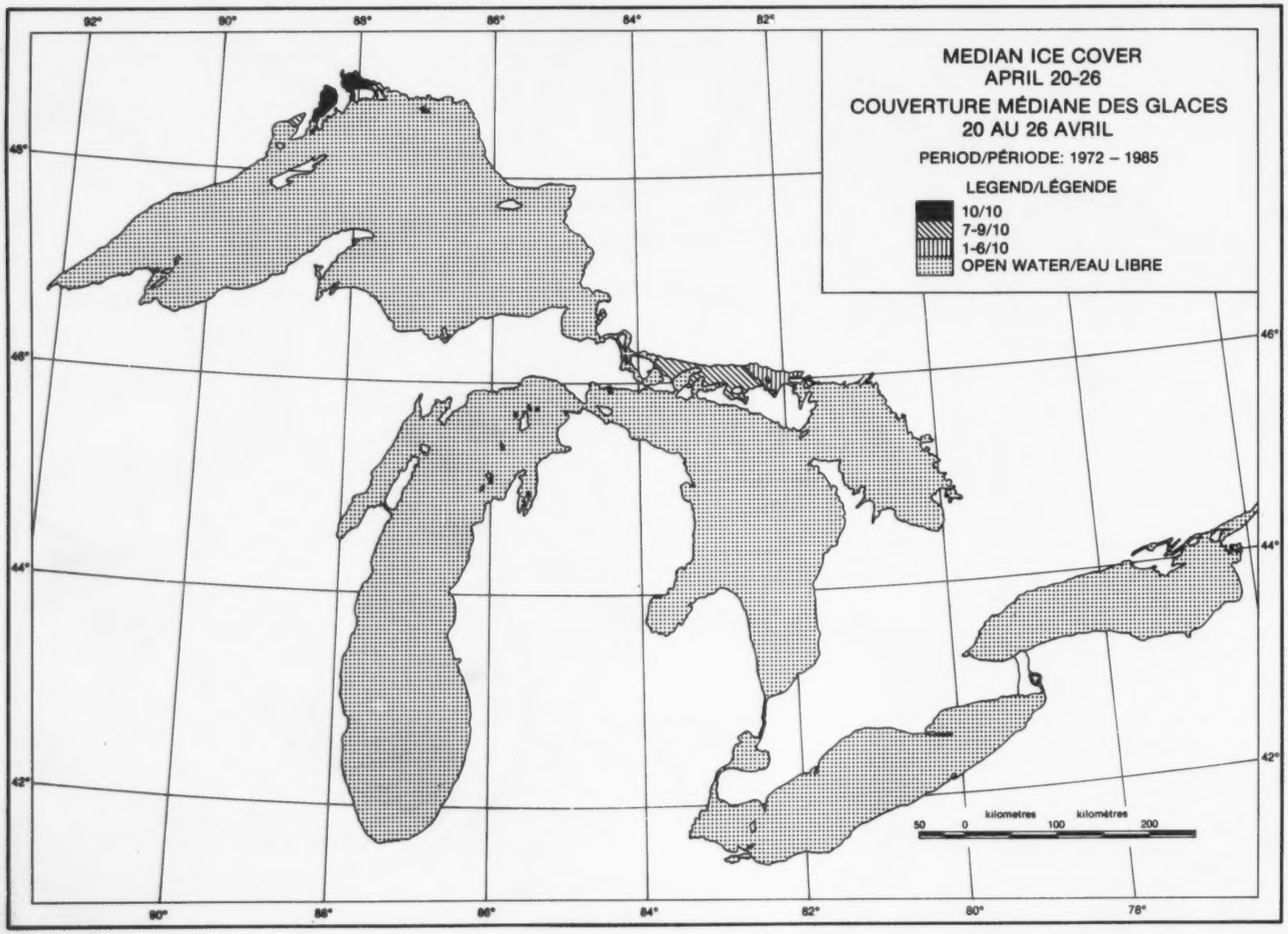

MEDIAN ICE COVER
FEBRUARY 09-15
COUVERTURE MÉDIANE DES GLACES
09 AU 15 FÉVRIER
PERIOD/PÉRIODE: 1972 – 1985
LEGEND/LÉGENDE
10/10
7-9/10
1-6/10
OPEN WATER/EAU LIBRE
92°
90°
88°
86°
84°
82°
80°
78°
48°
46°
44°
42°
kilometres
kilomètres
50
0
100
200

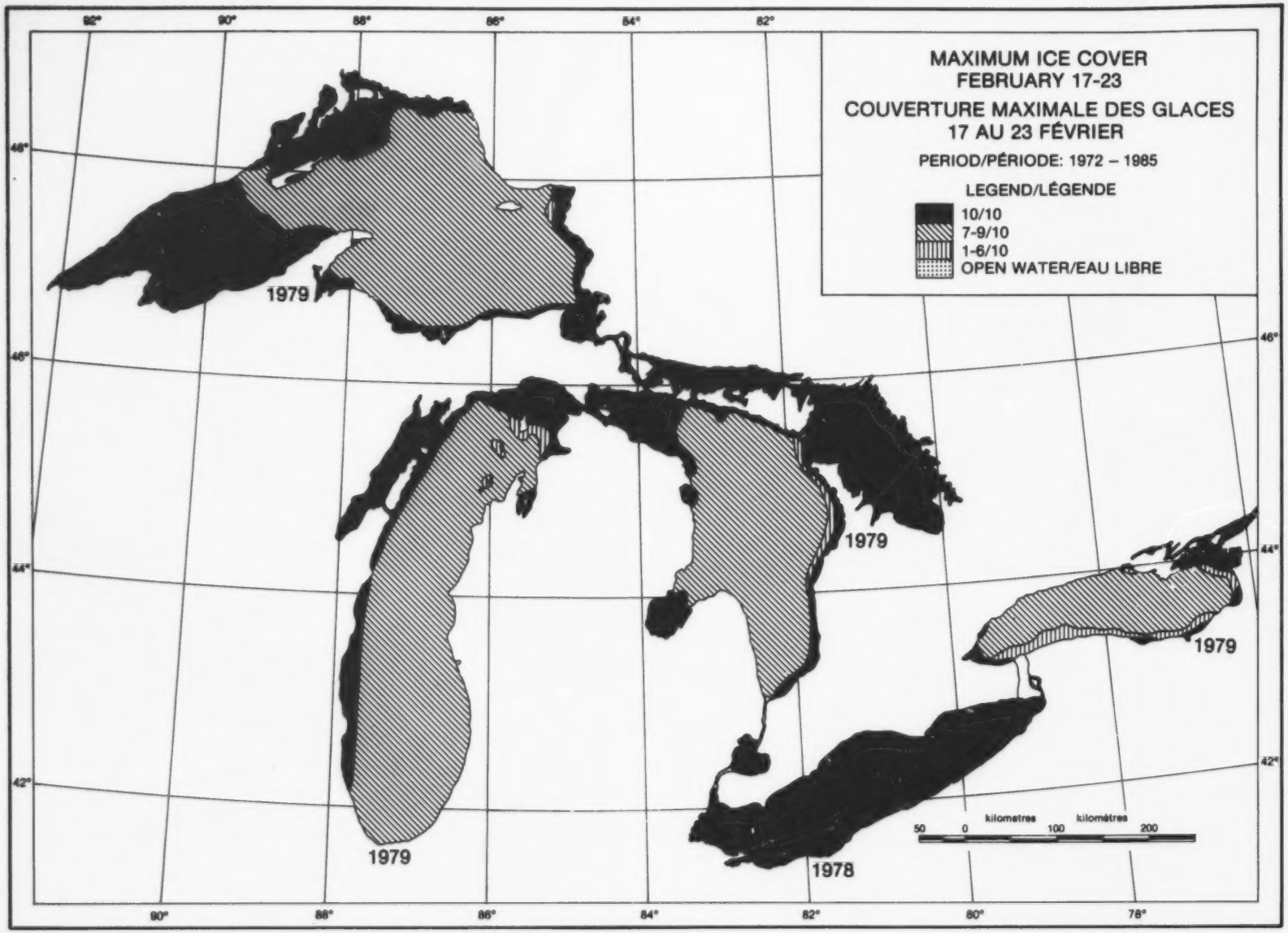

MEDIAN ICE COVER
FEBRUARY 23 TO MARCH 01
COUVERTURE MÉDIANE DES GLACES
23 FÉVRIER AU 01 MARS
PERIOD/PÉRIODE: 1972 – 1985
LEGEND/LÉGENDE
10/10
7-9/10
1-6/10
OPEN WATER/EAU LIBRE
92°
90°
88°
86°
84°
82°
48°
46°
44°
42°
80°
78°
kilometres
kilomètres
50
0
100
200

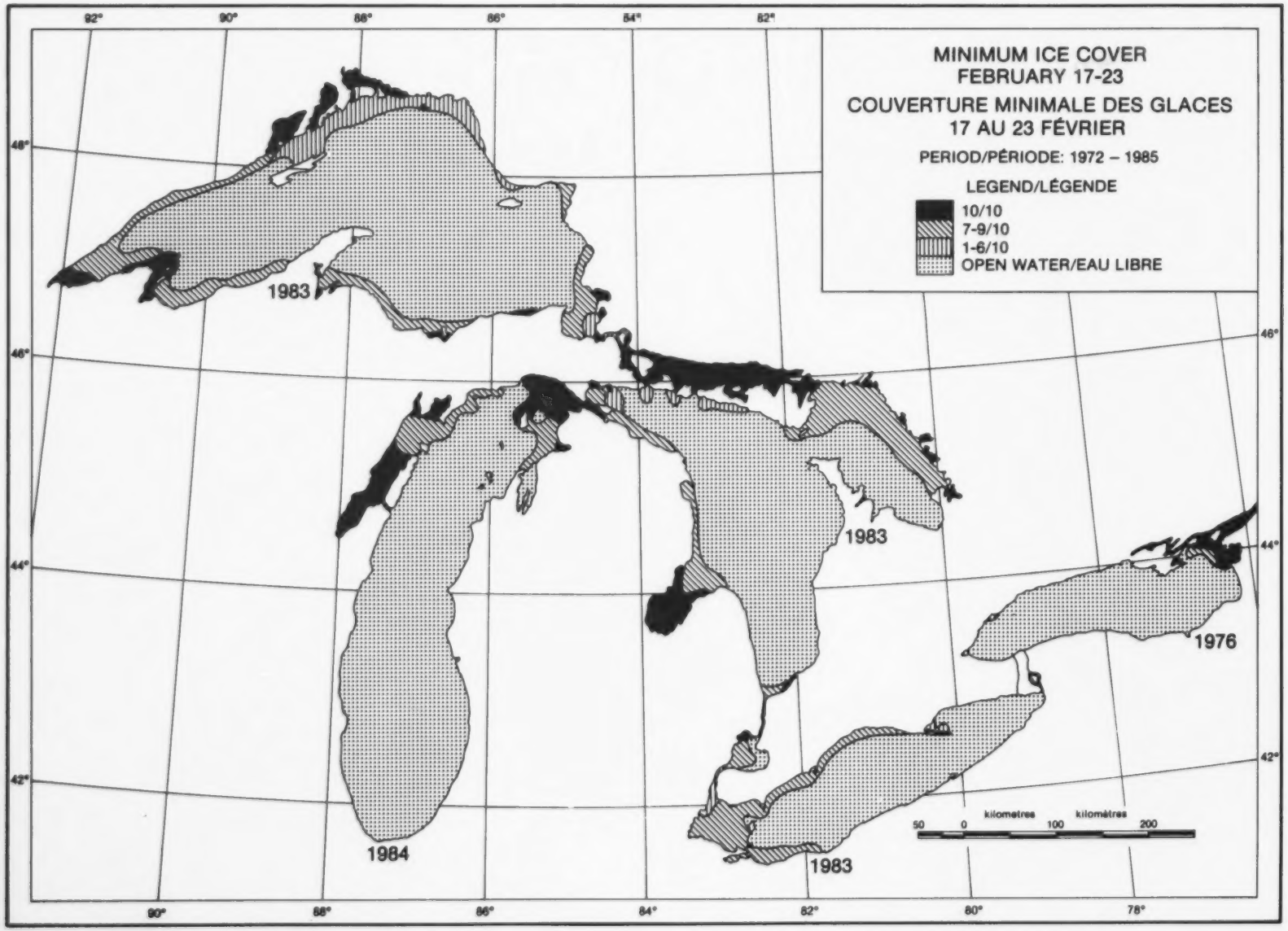

MEDIAN ICE COVER
MARCH 09-15
COUVERTURE MÉDIANE DES GLACES
09 AU 15 MARS
PERIOD/PÉRIODE: 1972 – 1985
LEGEND/LÉGENDE
10/10
7-9/10
1-6/10
OPEN WATER/EAU LIBRE
kilometres
kilomètres
50 0 100 200
92° 90° 88° 86° 84° 82°
48° 46° 44° 42°
90° 88° 86° 84° 82° 80° 78°


MEDIAN ICE COVER
MARCH 23-29
COUVERTURE MÉDIANE DES GLACES
23 AU 29 MARS
PERIOD/PÉRIODE: 1972 – 1985
LEGEND/LÉGENDE
10/10
7-9/10
1-6/10
OPEN WATER/EAU LIBRE
92°
90°
88°
86°
84°
82°
80°
78°
48°
46°
44°
42°
kilometres
kilomètres
50
0
100
200


MEDIAN ICE COVER
APRIL 06-12
COUVERTURE MÉDIANE DES GLACES
06 AU 12 AVRIL
PERIOD/PÉRIODE: 1972 – 1985
LEGEND/LÉGENDE
10/10
7-9/10
1-6/10
OPEN WATER/EAU LIBRE
92°
90°
88°
86°
84°
82°
80°
78°
46°
44°
42°
kilometres
kilomètres
50
0
100
200


MEDIAN ICE COVER
APRIL 20-26
COUVERTURE MÉDIANE DES GLACES
20 AU 26 AVRIL
PERIOD/PÉRIODE: 1972 – 1985
LEGEND/LÉGENDE
10/10
7-9/10
1-6/10
OPEN WATER/EAU LIBRE
kilometres
kilomètres
50 0 100 200
92°
90°
88°
86°
84°
82°
80°
78°
48°
46°
44°
42°


MAXIMUM ICE COVER
FEBRUARY 17-23
COUVERTURE MAXIMALE DES GLACES
17 AU 23 FÉVRIER
PERIOD/PÉRIODE: 1972 – 1985
LEGEND/LÉGENDE
10/10
7-9/10
1-6/10
OPEN WATER/EAU LIBRE
1979
1979
1979
1979
1978
kilometres
kilomètres
50 0 100 200
92° 90° 88° 86° 84° 82°
48° 46° 44° 42°
90° 88° 86° 84° 82° 80° 78°


MINIMUM ICE COVER
FEBRUARY 17-23
COUVERTURE MINIMALE DES GLACES
17 AU 23 FÉVRIER
PERIOD/PÉRIODE: 1972 – 1985
LEGEND/LÉGENDE
10/10
7-9/10
1-6/10
OPEN WATER/EAU LIBRE
1983
1983
1984
1983
1976
kilometres
kilomètres
50 0 100 200
92°
90°
88°
86°
84°
82°
80°
78°
48°
46°
44°
42°

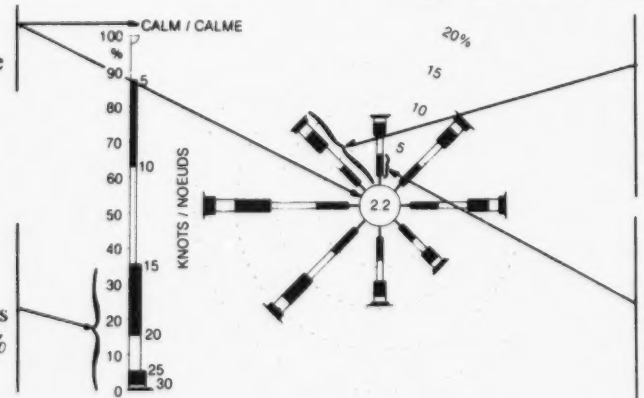
II.4 Winds and Waves

II.4.1 *Seasonal Mean Winds*

The seasonal mean wind speed has been contoured in 10 knot intervals. Vector mean wind velocities have been plotted for areas with sufficient data (40 or more observations) and these appear as arrows pointing in the direction of the vector mean with length in proportion to its magnitude. A scale for these vectors appears with each map.

II.4.2 *Seasonal Wind Roses*

Wind roses showing the frequency of occurrence of wind speed by direction have been compiled and produced for climatologically distinct lake areas. The winds are resolved into 5 knot increments and eight compass points.



II.4.3 *Seasonal Frequency of Wave Heights*

These graphs summarize the visual estimates of wave height taken by observers on ships and measurements from buoys. Plots showing the frequency with which wave heights are exceeded have been produced for each lake. The scale on the plots has been expanded to emphasize the resolution of the higher and less frequent wave observations.

II.4 Vents et vagues

II.4.1 *Vents moyens saisonniers*

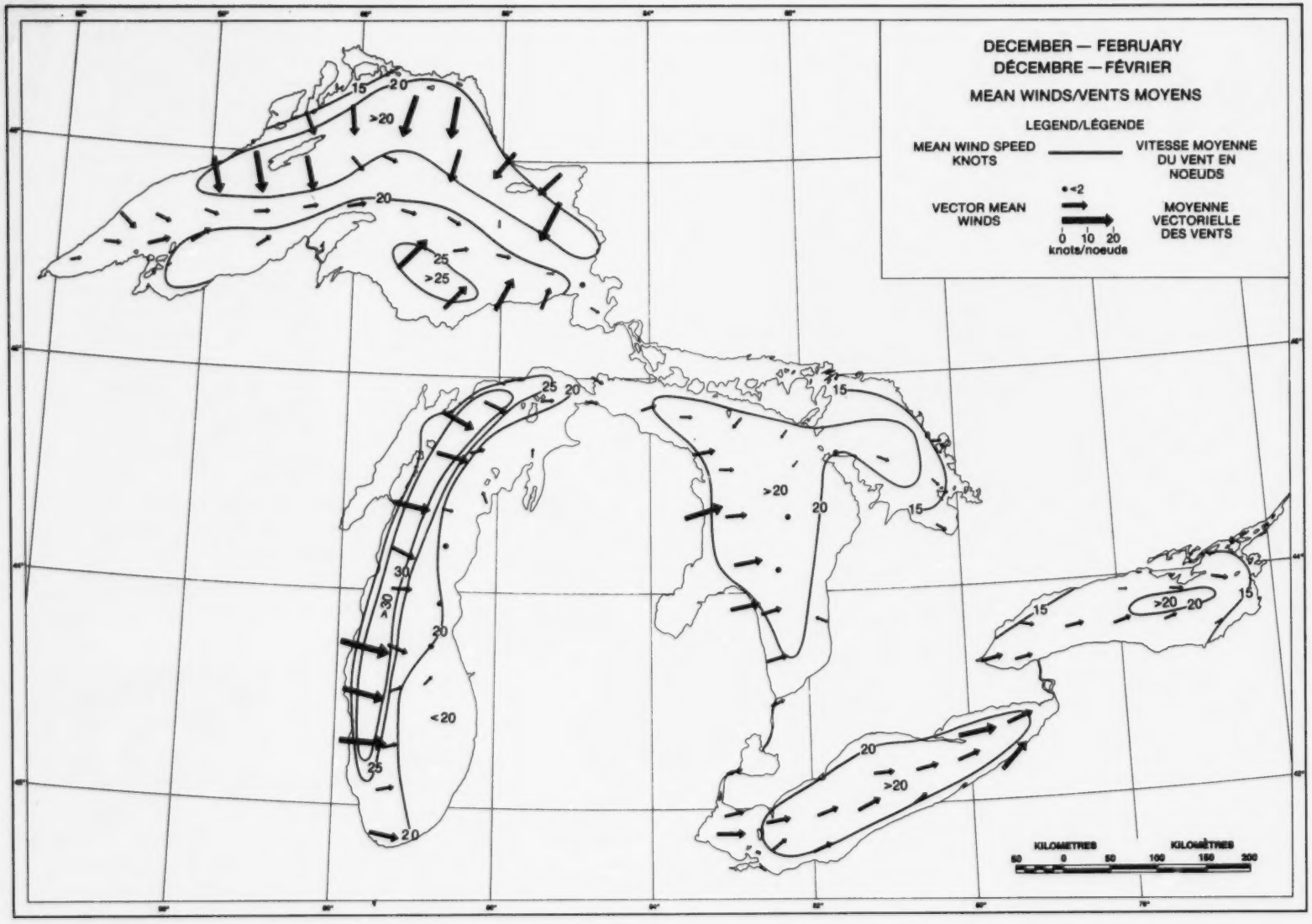
La vitesse du vent moyen saisonnier est indiquée par des isogrammes à 10 noeuds d'intervalle. Les vitesses du vecteur vent moyen sont pointées pour les secteurs où l'on disposait de données suffisantes (40 obervations) ou plus). Elles sont représentées par des flèches qui pointent dans la direction du vecteur vent moyen; leur longueur étant proportionnelle à sa vitesse. L'échelle des vecteurs figure sur chaque carte.

II.4.2 *Roses des vents saisonnières*

Des roses des vents indiquant les fréquences des diverses vitesses du vent en fonction des directions ont été compilées et produites pour les zones climatologiquement distinctes des lacs. Les vents sont décomposés en intervalles de 5 noeuds et en 8 points du compas.

II.4.3 *Fréquence saisonnière de la hauteur des vagues*

Ces graphiques résument les estimations visuelles de la hauteur des vagues recueillies par les observateurs à bord des navires ou mesurées au moyen de bouées. On a produit, pour chaque lac, des cartes pointées indiquant la fréquence avec laquelle la hauteur des vagues a dépassé la moyenne. On a agrandi l'échelle des cartes afin de mettre en relief les observations moins fréquentes où la hauteur des vagues était la plus élevée.


DECEMBER — FEBRUARY
DÉCEMBRE — FÉVRIER
MEAN WINDS/VENTS MOYENS
LEGEND/LÉGENDE
MEAN WIND SPEED KNOTS
VITESSE MOYENNE DU VENT EN NOEUDS
VECTOR MEAN WINDS
MOYENNE VECTORIELLE DES VENTS
• <2
0 10 20
knots/noeuds
KILOMETRES
KILOMÈTRES
50 0 50 100 150 200
15
20
>20
25
>25
30
>30
<20

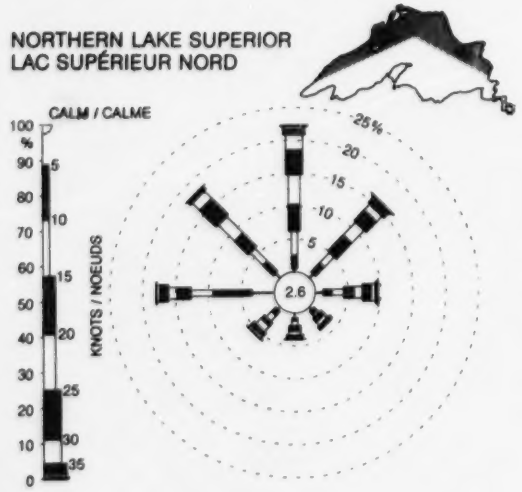
DECEMBER - FEBRUARY

FREQUENCY OF WIND SPEED BY DIRECTION

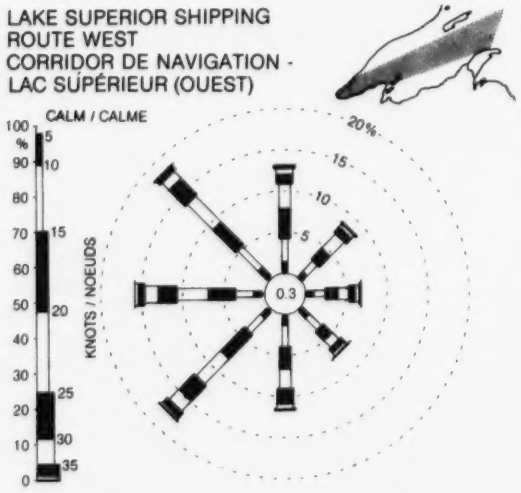
FRÉQUENCE DE LA VITESSE DU VENT PAR DIRECTION

DÉCEMBRE À FÉVRIER

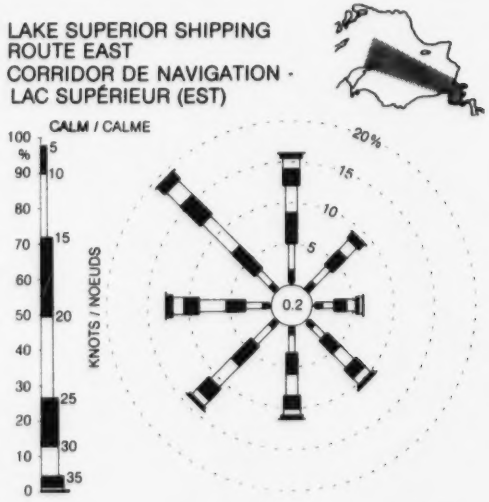
NORTHERN LAKE SUPERIOR
LAC SUPÉRIEUR NORD



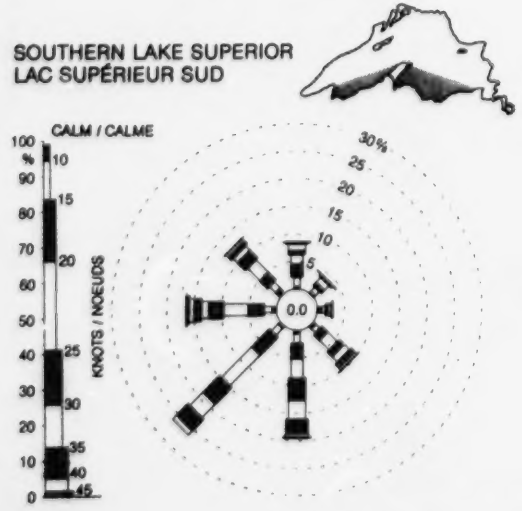
LAKE SUPERIOR SHIPPING ROUTE WEST
CORRIDOR DE NAVIGATION - LAC SUPÉRIEUR (OUEST)



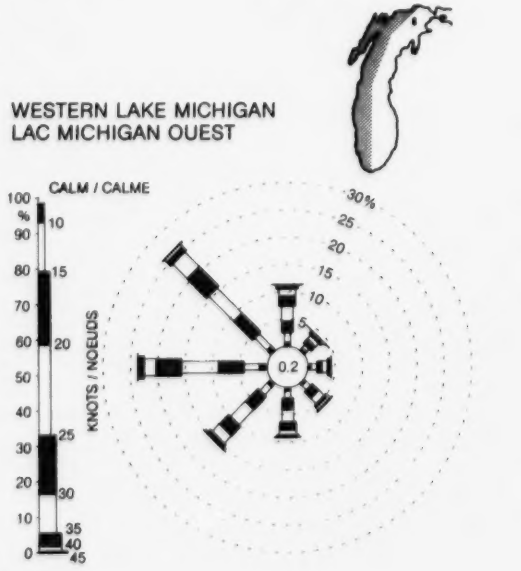
LAKE SUPERIOR SHIPPING ROUTE EAST
CORRIDOR DE NAVIGATION - LAC SUPÉRIEUR (EST)



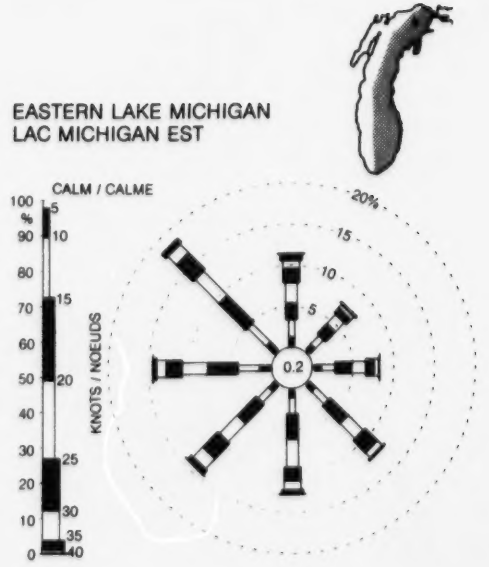
SOUTHERN LAKE SUPERIOR
LAC SUPÉRIEUR SUD



WESTERN LAKE MICHIGAN
LAC MICHIGAN OUEST



EASTERN LAKE MICHIGAN
LAC MICHIGAN EST



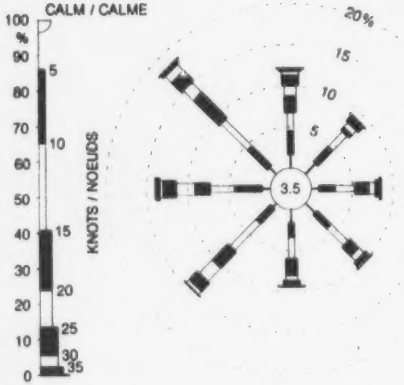
DECEMBER - FEBRUARY

FREQUENCY OF WIND SPEED BY DIRECTION

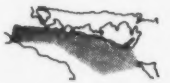
FRÉQUENCE DE LA VITESSE DU VENT PAR DIRECTION

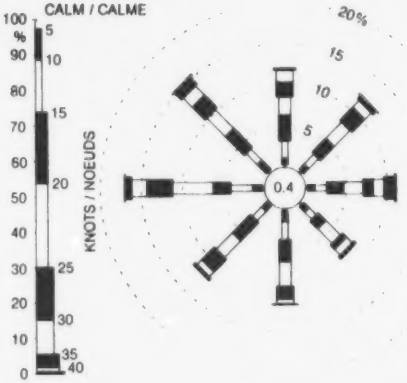
DÉCEMBRE À FÉVRIER

GEORGIAN BAY - NORTH CHANNEL
BAIE GEORGIENNE - CHENAL NORD

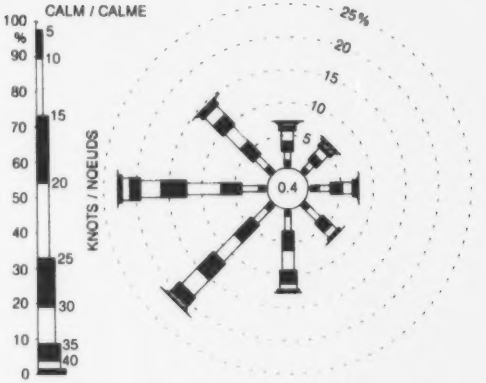


NORTHERN LAKE HURON
LAC HURON NORD

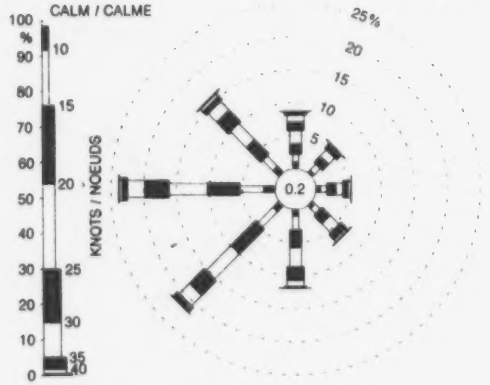




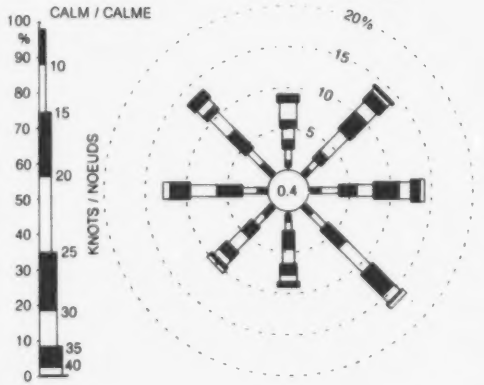
LAKE ERIE
LAC ÉRIÉ



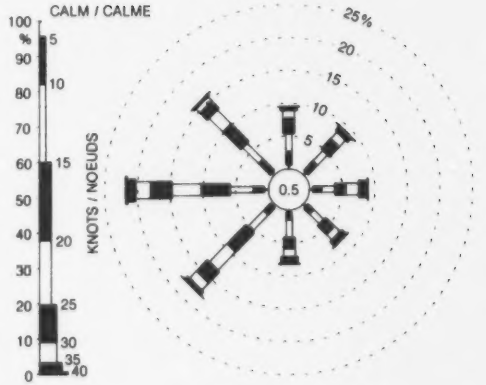
WESTERN LAKE HURON
LAC HURON OUEST



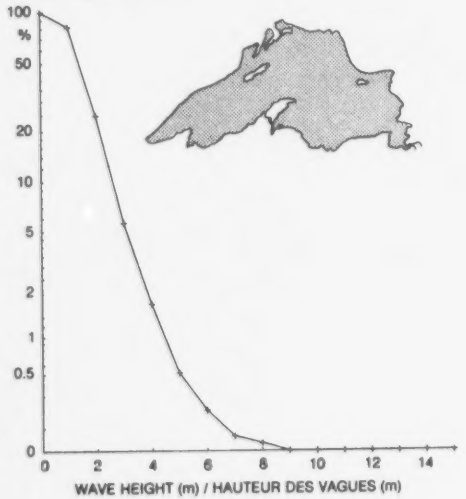
EASTERN LAKE HURON
LAC HURON EST



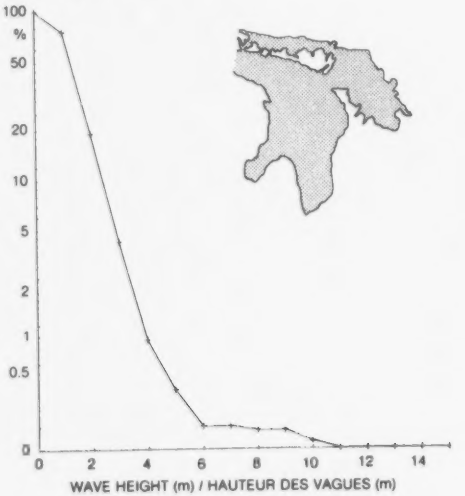
LAKE ONTARIO
LAC ONTARIO



LAKE SUPERIOR
LAC SUPÉRIEUR
N = 6884



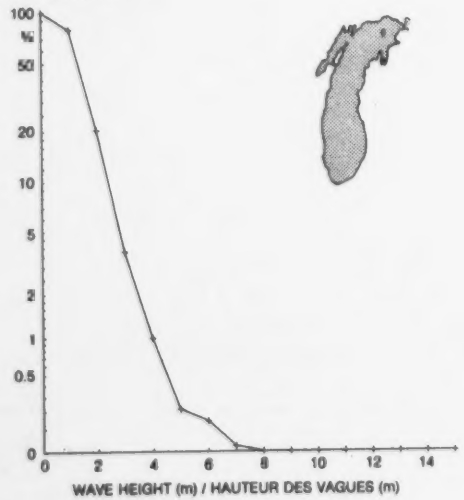
LAKE HURON
LAC HURON
N = 3874



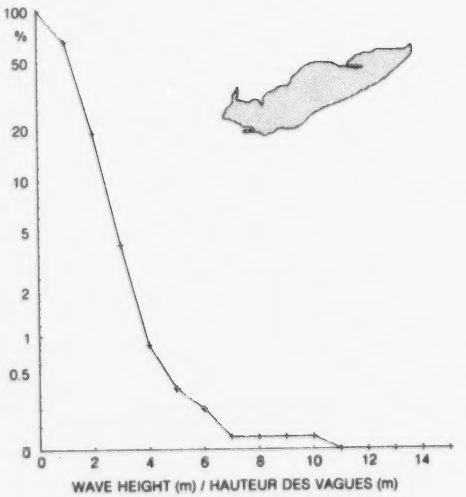
WAVE HEIGHT EXCEEDANCE
DECEMBER - FEBRUARY

DÉPASSEMENT DES VAGUES
DÉCEMBRE À FÉVRIER

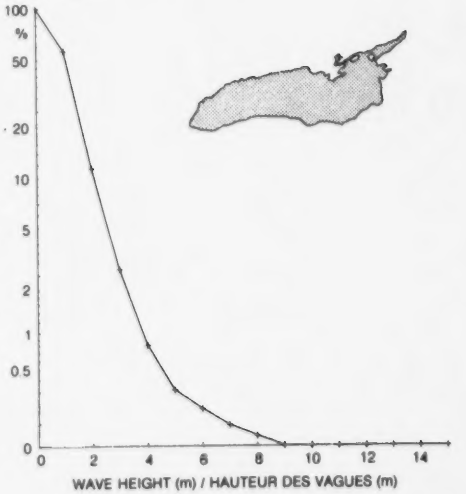
LAKE MICHIGAN
LAC MICHIGAN
N = 5137

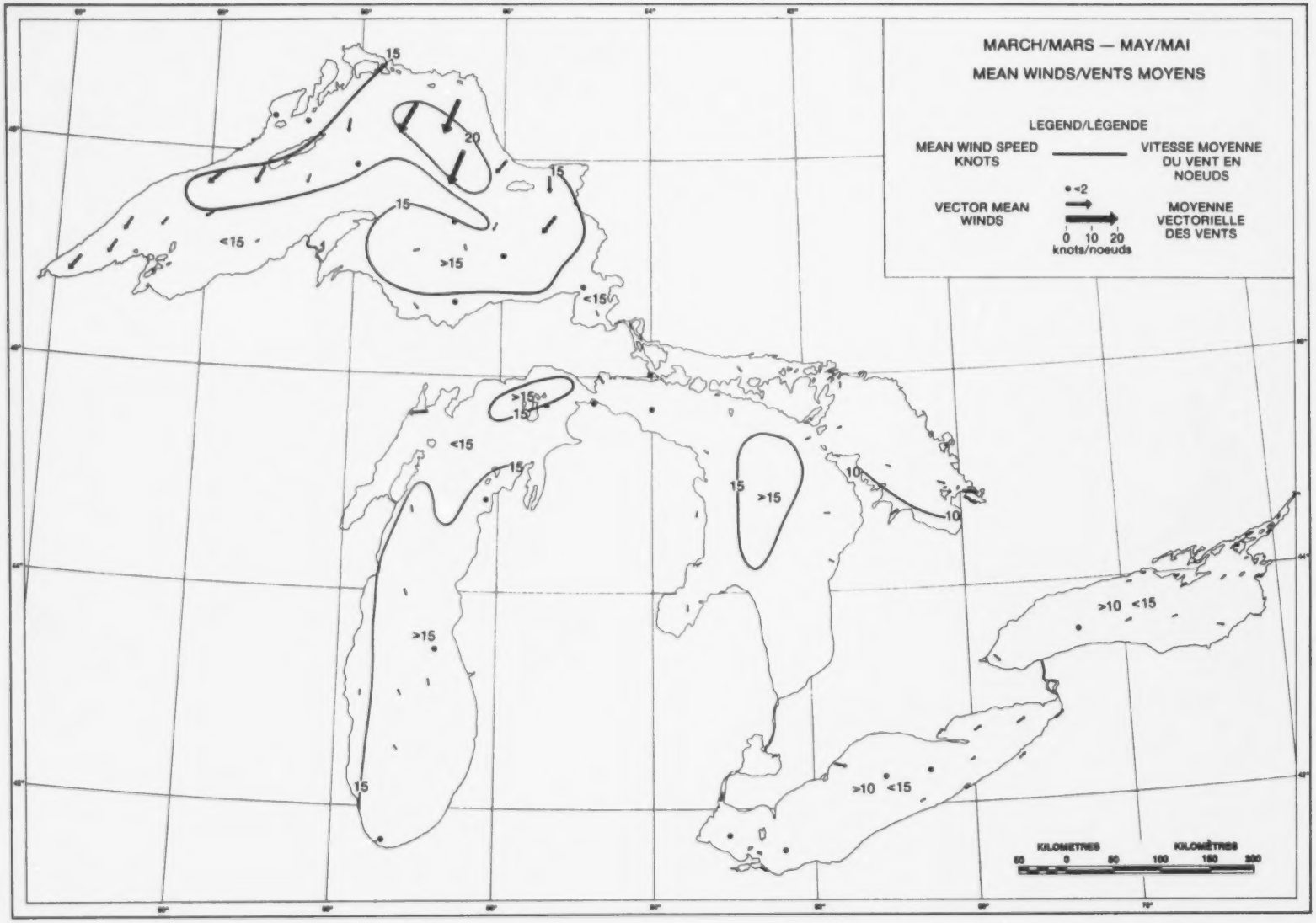


LAKE ERIE
LAC ÉRIÉ
N = 2001



LAKE ONTARIO
LAC ONTARIO
N = 2242




MARCH/MARS — MAY/MAI
MEAN WINDS/VENTS MOYENS
LEGEND/LÉGENDE
MEAN WIND SPEED KNOTS
VITESSE MOYENNE DU VENT EN NOEUDS
VECTOR MEAN WINDS
MOYENNE VECTORIELLE DES VENTS
• <2
0 10 20
knots/noeuds
15
20
<15
>15
10
>10 <15
KILOMETRES
KILOMÈTRES
50 0 50 100 150 200

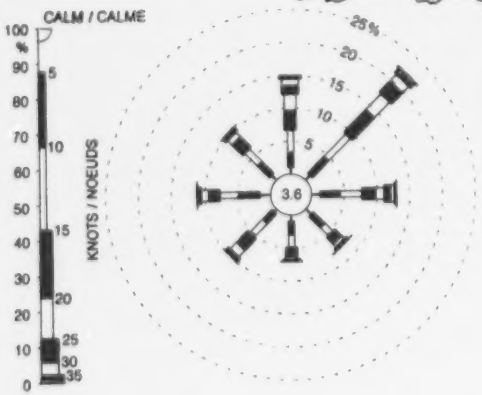
MARCH - MAY

FREQUENCY OF WIND SPEED BY DIRECTION

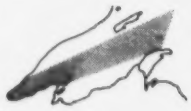
FRÉQUENCE DE LA VITESSE DU VENT PAR DIRECTION

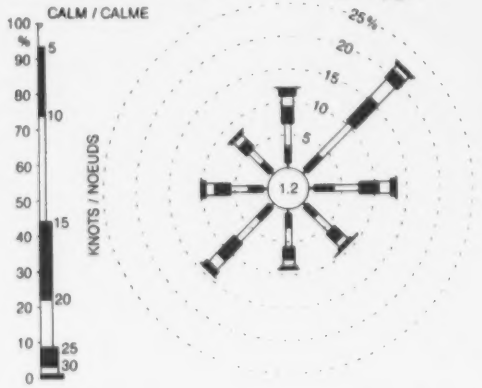
MARS À MAI

NORTHERN LAKE SUPERIOR
LAC SUPÉRIEUR NORD

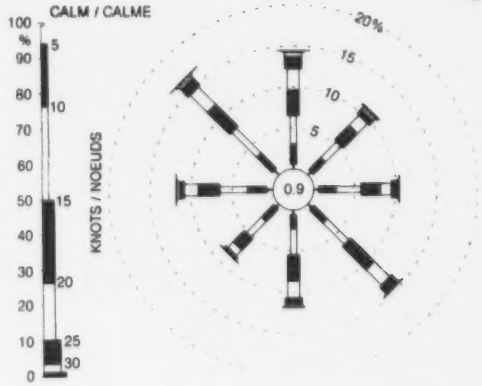


LAKE SUPERIOR SHIPPING ROUTE WEST
CORRIDOR DE NAVIGATION - LAC SUPÉRIEUR (OUEST)

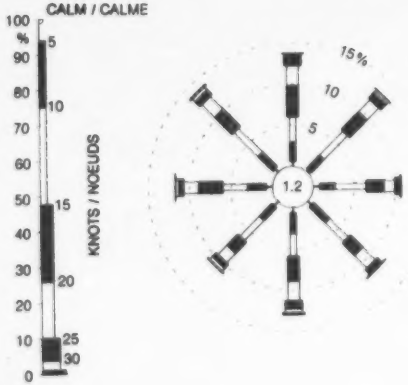




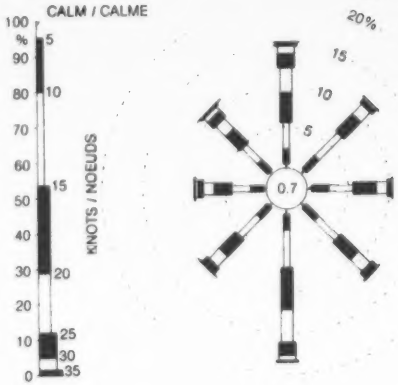
LAKE SUPERIOR SHIPPING ROUTE EAST
CORRIDOR DE NAVIGATION - LAC SUPÉRIEUR (EST)



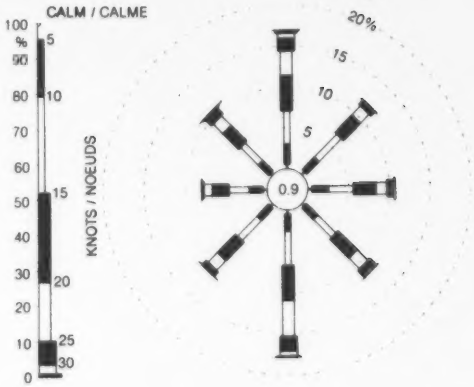
SOUTHERN LAKE SUPERIOR
LAC SUPÉRIEUR SUD



WESTERN LAKE MICHIGAN
LAC MICHIGAN OUEST



EASTERN LAKE MICHIGAN
LAC MICHIGAN EST



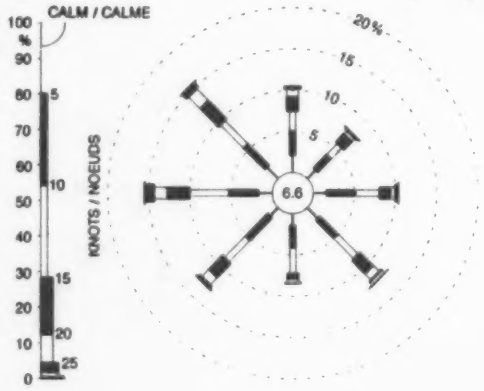
MARCH - MAY

FREQUENCY OF WIND SPEED BY DIRECTION

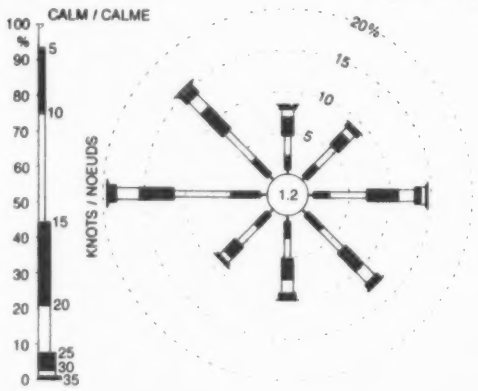
FRÉQUENCE DE LA VITESSE DU VENT PAR DIRECTION

MARS À MAI

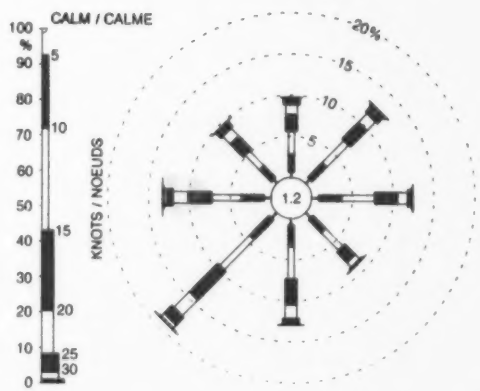
GEORGIAN BAY - NORTH CHANNEL
BAIE GEORGIENNE - CHENAL NORD



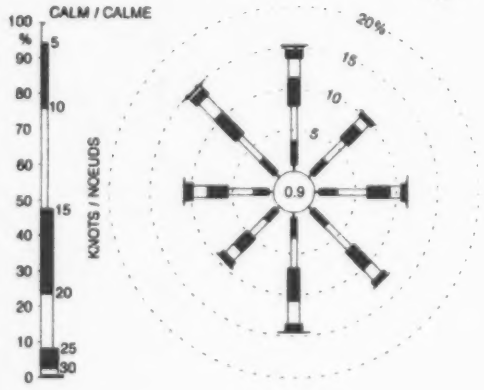
NORTHERN LAKE HURON
LAC HURON NORD



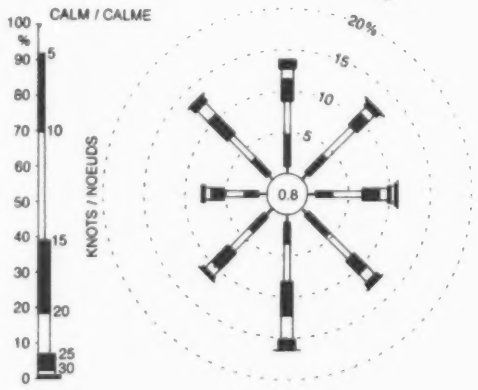
LAKE ERIE
LAC ÉRIÉ



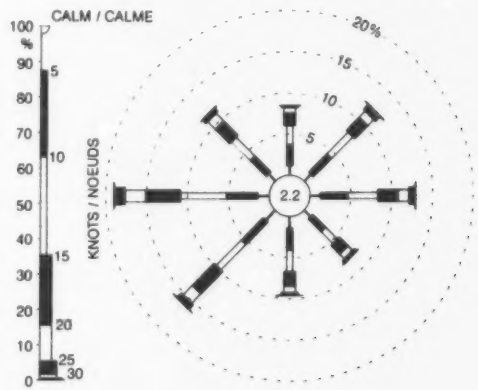
WESTERN LAKE HURON
LAC HURON OUEST



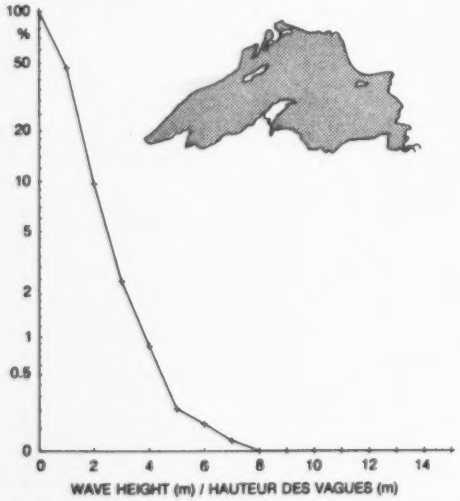
EASTERN LAKE HURON
LAC HURON EST



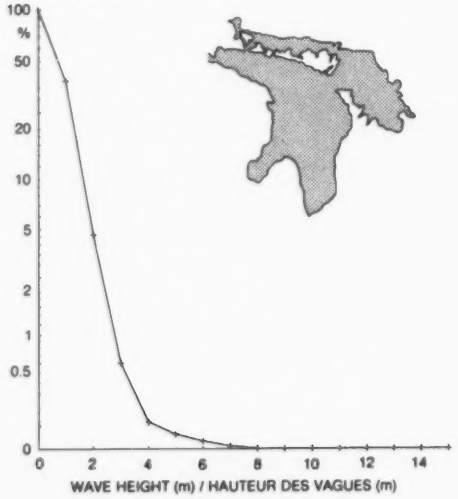
LAKE ONTARIO
LAC ONTARIO



LAKE SUPERIOR
LAC SUPÉRIEUR
N = 12053



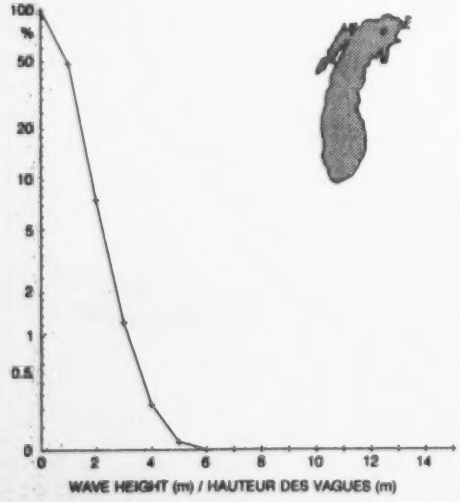
LAKE HURON
LAC HURON
N = 9052



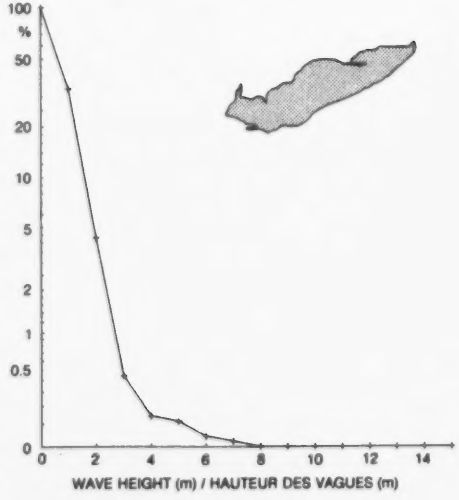
WAVE HEIGHT EXCEEDANCE
MARCH - MAY

DÉPASSEMENT DES VAGUES
MARS À MAI

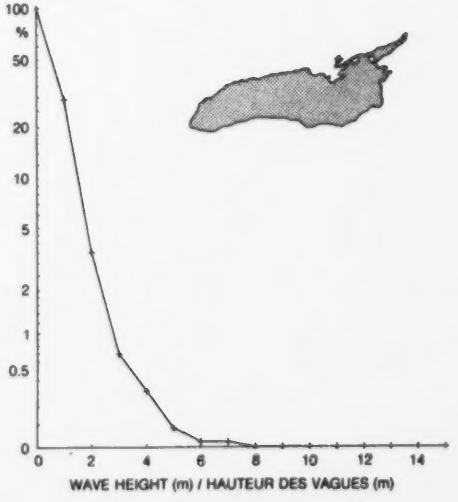
LAKE MICHIGAN
LAC MICHIGAN
N = 8540

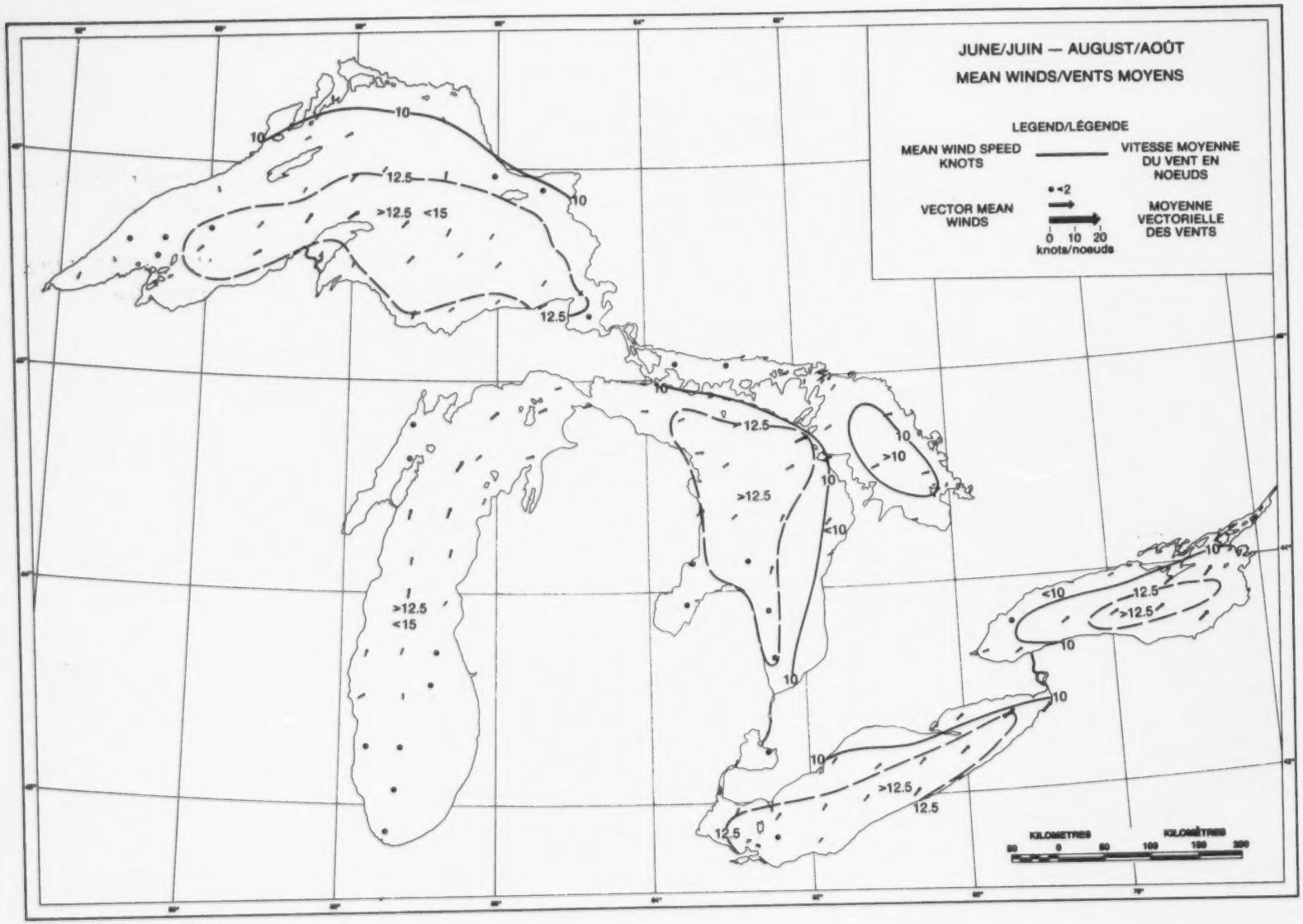


LAKE ERIE
LAC ÉRIÉ
N = 5656



LAKE ONTARIO
LAC ONTARIO
N = 4903




JUNE/JUIN — AUGUST/AOÛT
MEAN WINDS/VENTS MOYENS
LEGEND/LÉGENDE
MEAN WIND SPEED KNOTS
VITESSE MOYENNE DU VENT EN NOEUDS
VECTOR MEAN WINDS
MOYENNE VECTORIELLE DES VENTS
• <2
0 10 20
knots/noeuds
10
12.5
>12.5 <15
>10
<10
KILOMETRES
KILOMÈTRES

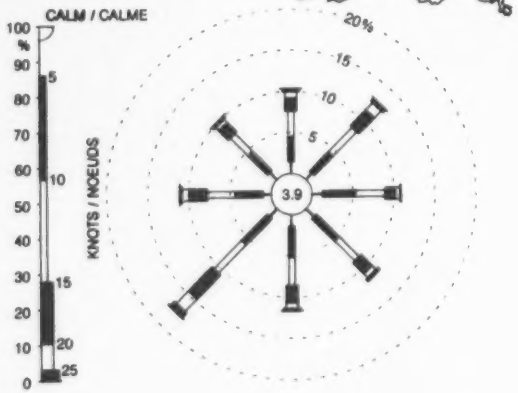
JUNE - AUGUST

FREQUENCY OF WIND SPEED BY DIRECTION

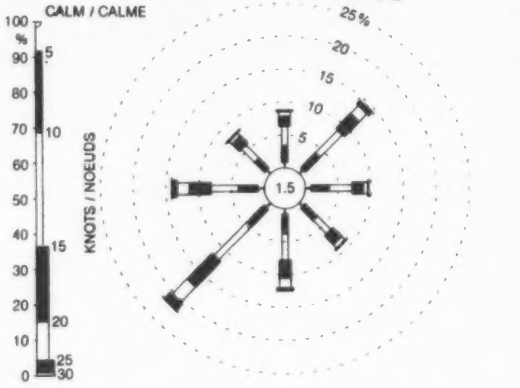
FRÉQUENCE DE LA VITESSE DU VENT PAR DIRECTION

JUIN À AOÛT

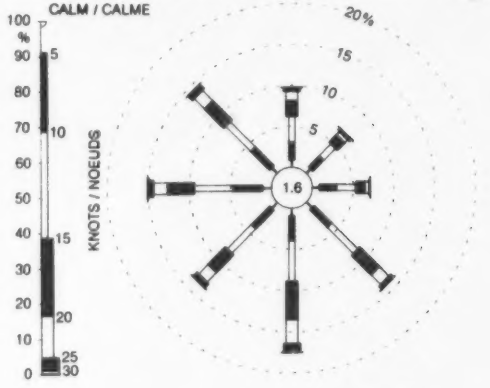
NORTHERN LAKE SUPERIOR
LAC SUPÉRIEUR NORD



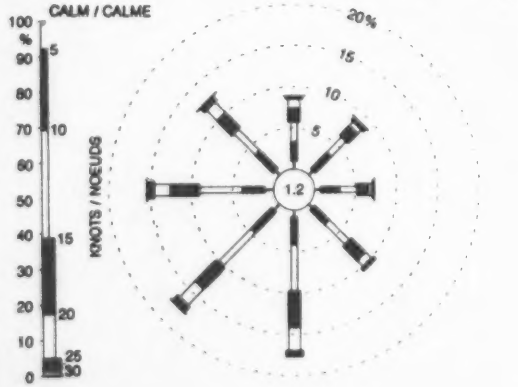
LAKE SUPERIOR SHIPPING ROUTE WEST
CORRIDOR DE NAVIGATION - LAC SUPÉRIEUR (OUEST)



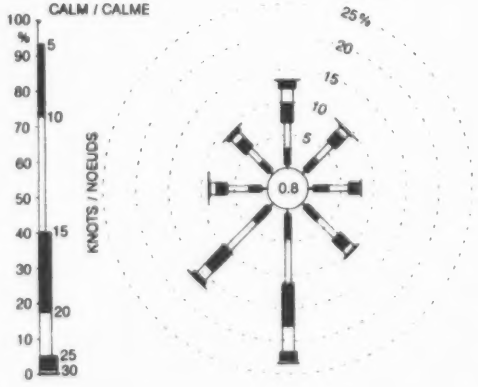
LAKE SUPERIOR SHIPPING ROUTE EAST
CORRIDOR DE NAVIGATION - LAC SUPÉRIEUR (EST)



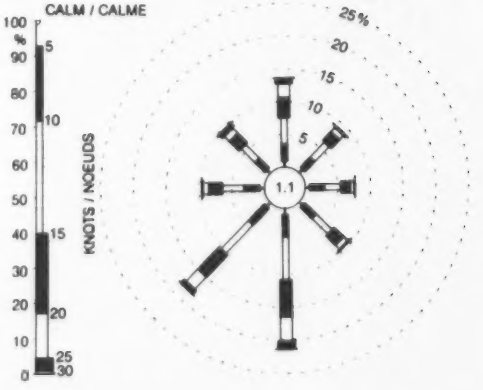
SOUTHERN LAKE SUPERIOR
LAC SUPÉRIEUR SUD



WESTERN LAKE MICHIGAN
LAC MICHIGAN OUEST



EASTERN LAKE MICHIGAN
LAC MICHIGAN EST



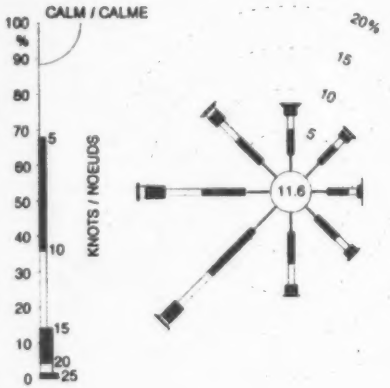
JUNE - AUGUST

FREQUENCY OF WIND SPEED BY DIRECTION

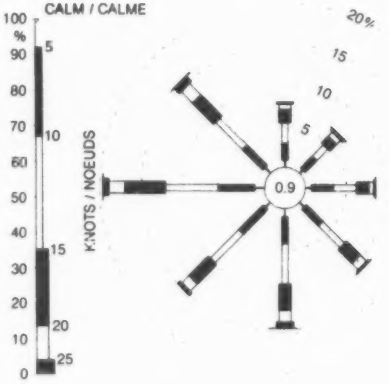
FRÉQUENCE DE LA VITESSE DU VENT PAR DIRECTION

JUIN À AOÛT

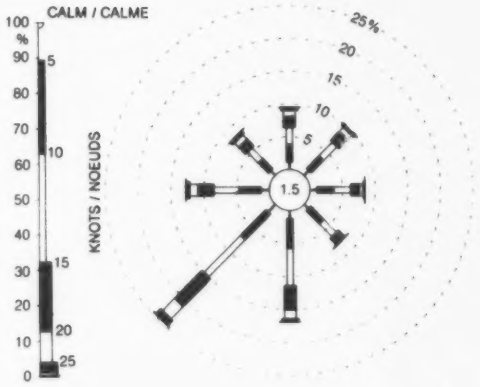
GEORGIAN BAY - NORTH CHANNEL
BAIE GEORGIENNE - CHENAL NORD



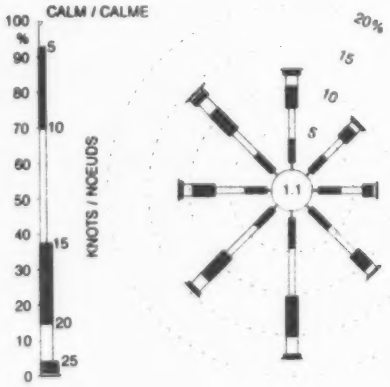
NORTHERN LAKE HURON
LAC HURON NORD



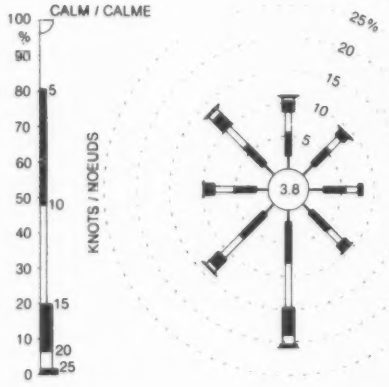
LAKE ERIE
LAC ÉRIÉ



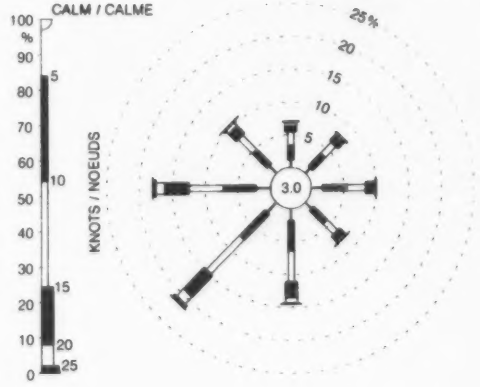
WESTERN LAKE HURON
LAC HURON OUEST



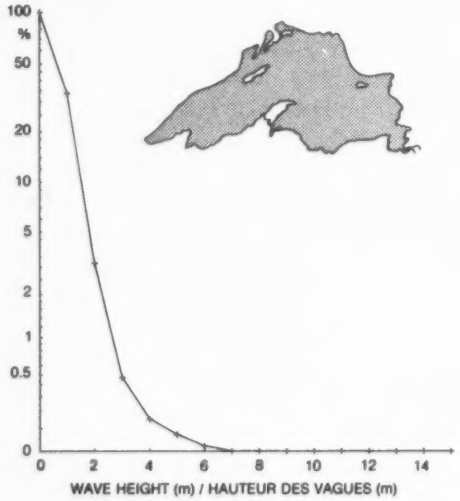
EASTERN LAKE HURON
LAC HURON EST



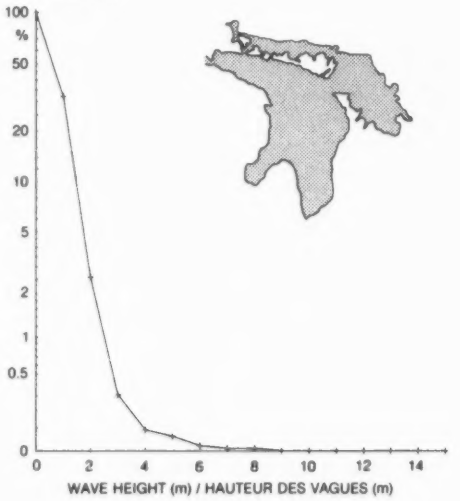
LAKE ONTARIO
LAC ONTARIO



LAKE SUPERIOR
LAC SUPÉRIEUR
N = 27424



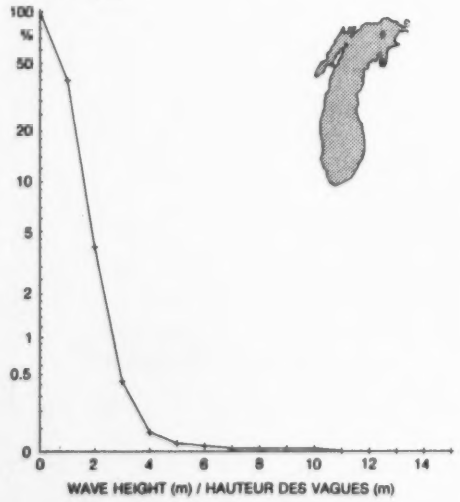
LAKE HURON
LAC HURON
N = 20576



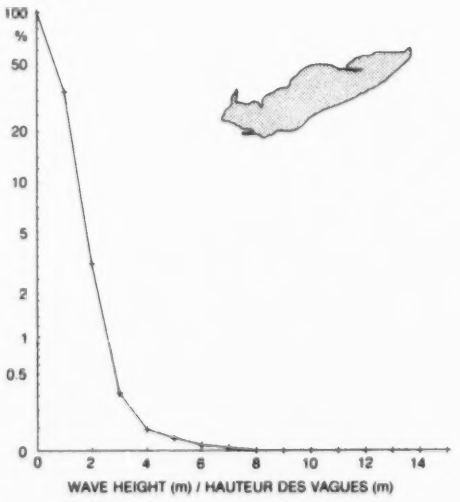
WAVE HEIGHT EXCEEDANCE
JUNE - AUGUST

DÉPASSEMENT DES VAGUES
JUIN À AOÛT

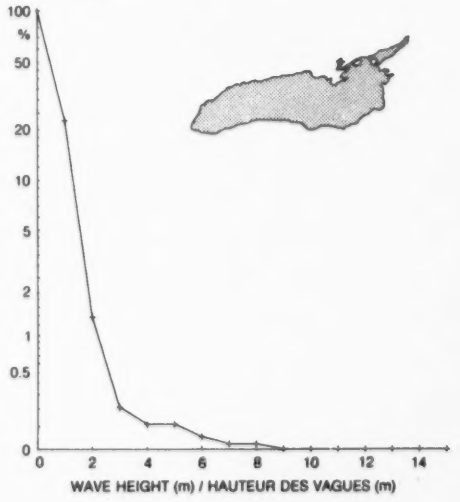
LAKE MICHIGAN
LAC MICHIGAN
N = 10045

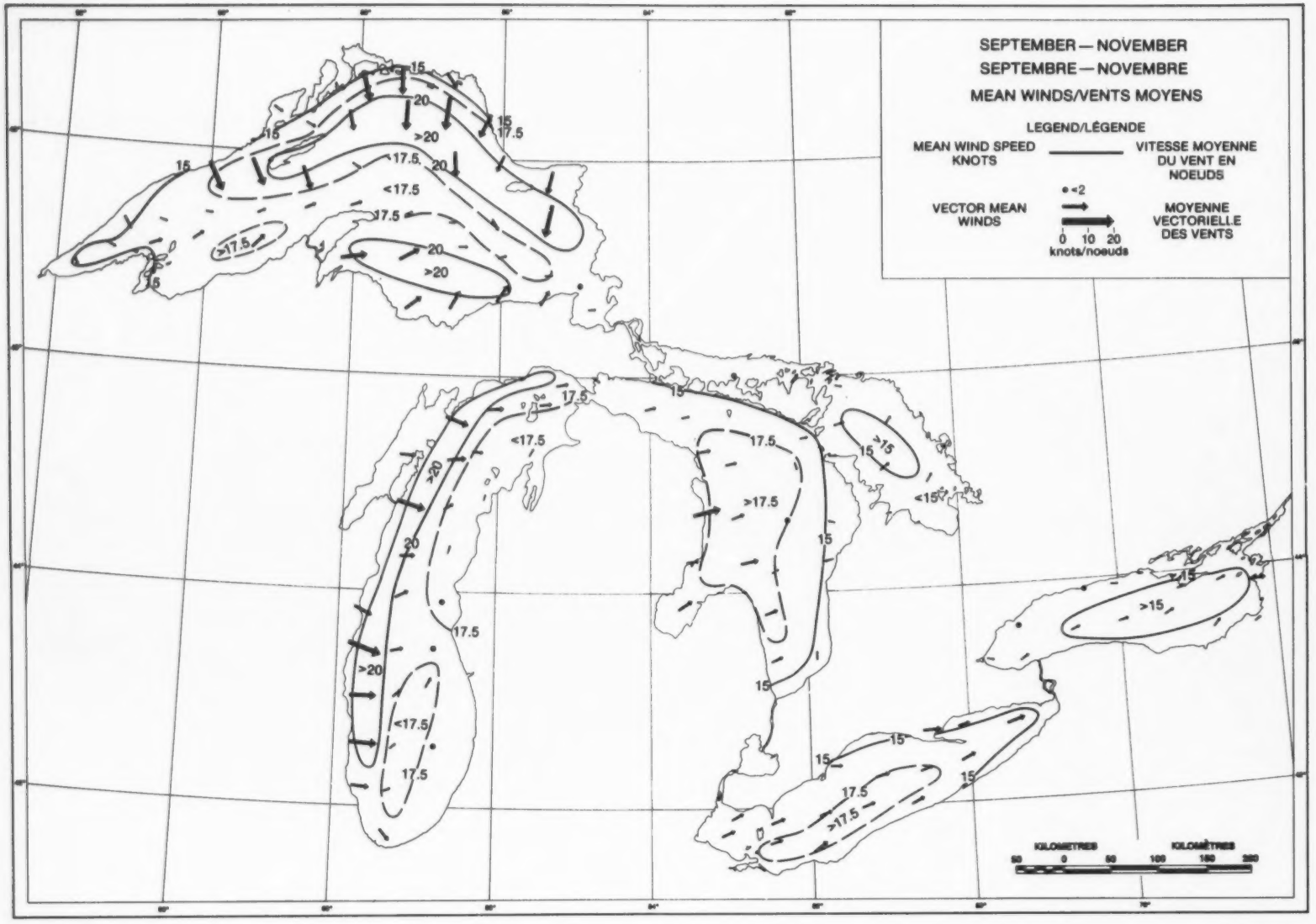


LAKE ERIE
LAC ÉRIÉ
N = 11064



LAKE ONTARIO
LAC ONTARIO
N = 6309




SEPTEMBER — NOVEMBER
SEPTEMBRE — NOVEMBRE
MEAN WINDS/VENTS MOYENS
LEGEND/LÉGENDE
MEAN WIND SPEED KNOTS
VITESSE MOYENNE DU VENT EN NOEUDS
VECTOR MEAN WINDS
MOYENNE VECTORIELLE DES VENTS
• <2
0 10 20
knots/noeuds
KILOMETRES
KILOMÈTRES

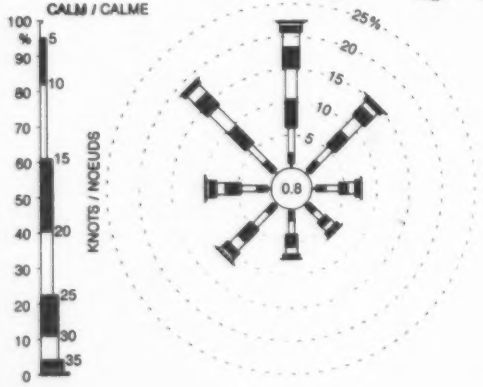
SEPTEMBER - NOVEMBER

FREQUENCY OF WIND SPEED BY DIRECTION

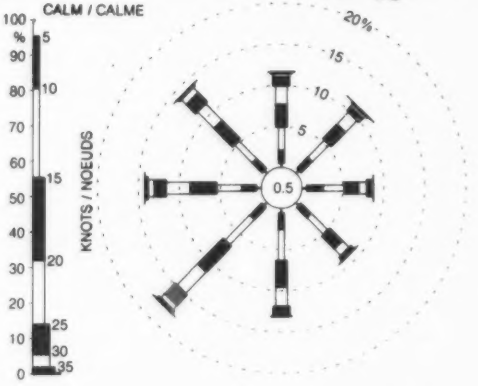
FRÉQUENCE DE LA VITESSE DU VENT PAR DIRECTION

SEPTEMBRE À NOVEMBRE

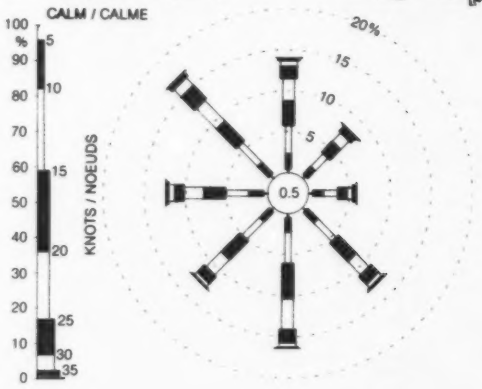
NORTHERN LAKE SUPERIOR
LAC SUPÉRIEUR NORD



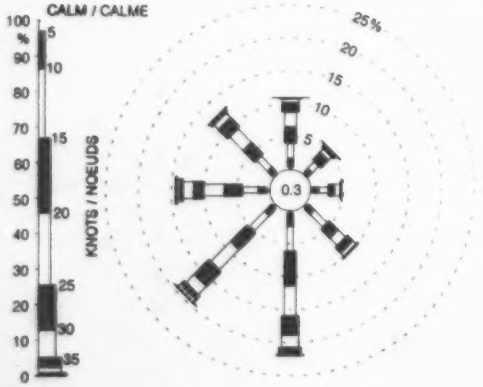
LAKE SUPERIOR SHIPPING ROUTE WEST
CORRIDOR DE NAVIGATION - LAC SUPÉRIEUR (OUEST)



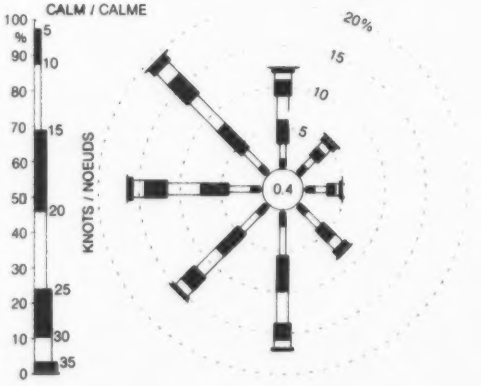
LAKE SUPERIOR SHIPPING ROUTE EAST
CORRIDOR DE NAVIGATION - LAC SUPÉRIEUR (EST)



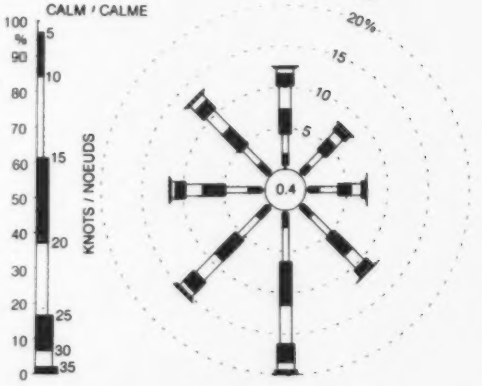
SOUTHERN LAKE SUPERIOR
LAC SUPÉRIEUR SUD



WESTERN LAKE MICHIGAN
LAC MICHIGAN OUEST



EASTERN LAKE MICHIGAN
LAC MICHIGAN EST



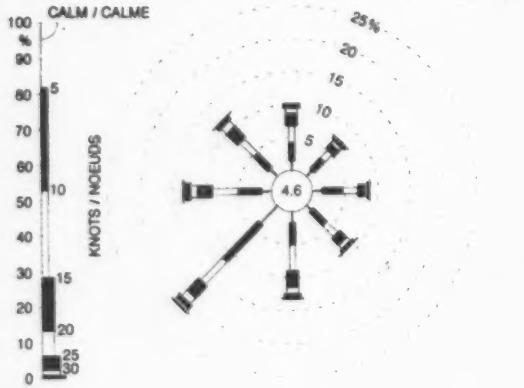
SEPTEMBER - NOVEMBER

FREQUENCY OF WIND SPEED BY DIRECTION

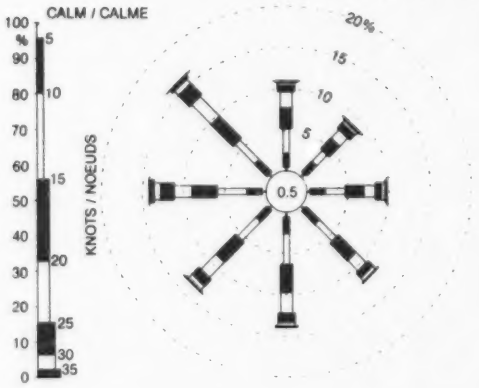
FRÉQUENCE DE LA VITESSE DU VENT PAR DIRECTION

SEPTEMBRE À NOVEMBRE

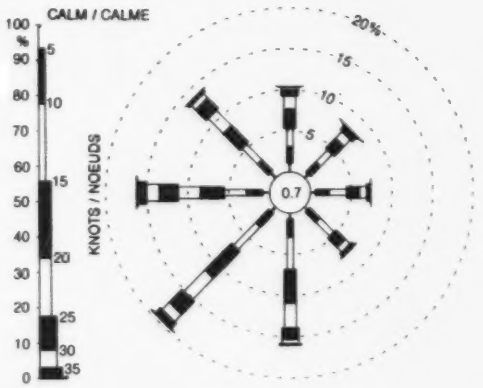
GEORGIAN BAY - NORTH CHANNEL
BAIE GEORGIENNE - CHENAL NORD



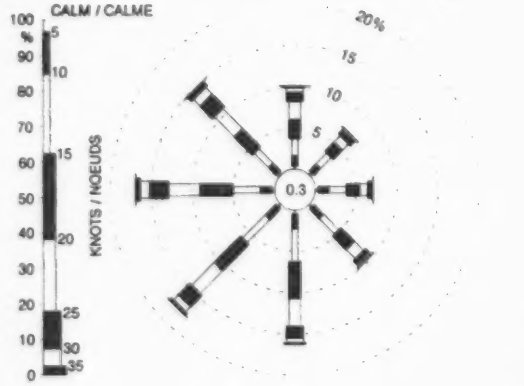
NORTHERN LAKE HURON
LAC HURON NORD



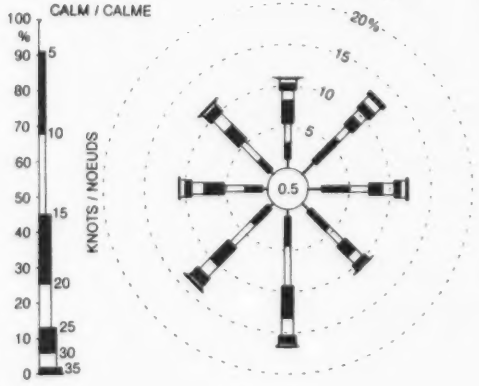
LAKE ERIE
LAC ÉRIÉ



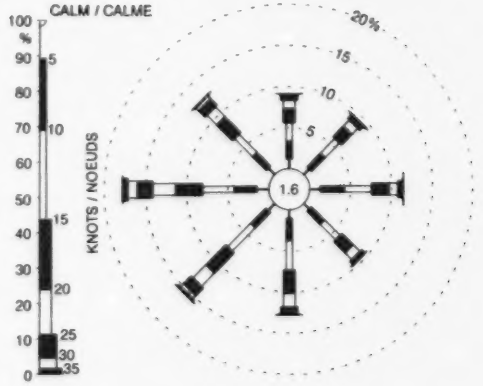
WESTERN LAKE HURON
LAC HURON OUEST



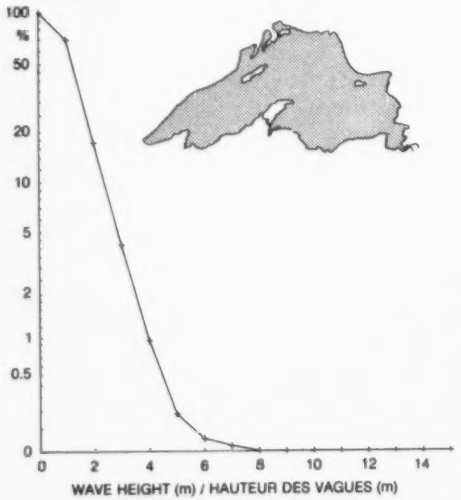
EASTERN LAKE HURON
LAC HURON EST



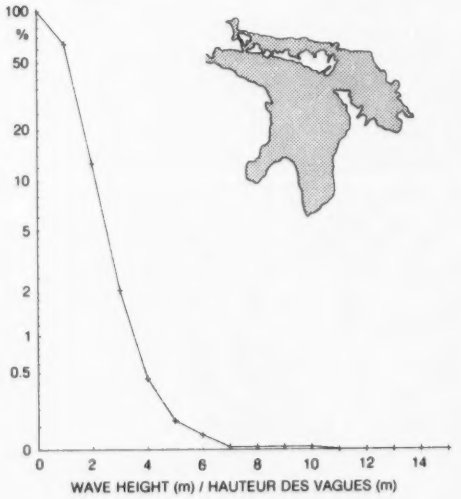
LAKE ONTARIO
LAC ONTARIO



LAKE SUPERIOR
LAC SUPÉRIEUR
N = 28449



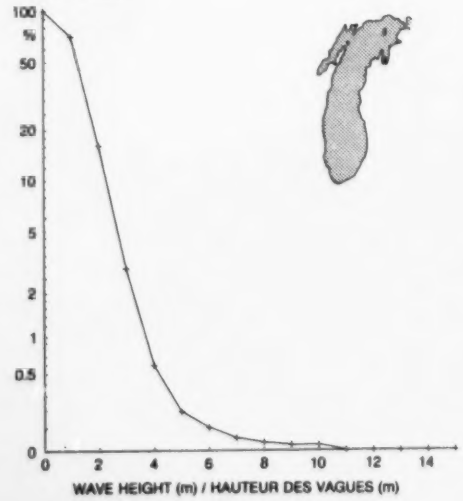
LAKE HURON
LAC HURON
N = 19621



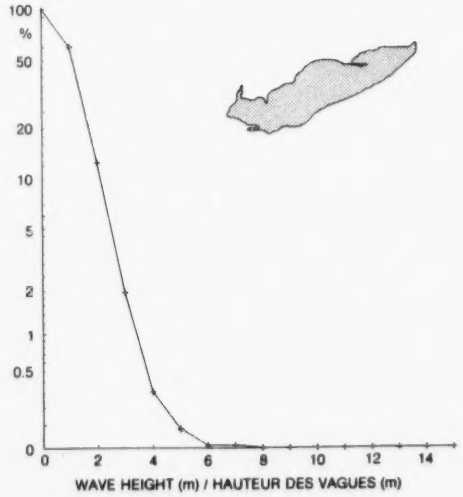
WAVE HEIGHT EXCEEDANCE
SEPTEMBER - NOVEMBER

DÉPASSEMENT DES VAGUES
SEPTEMBRE À NOVEMBRE

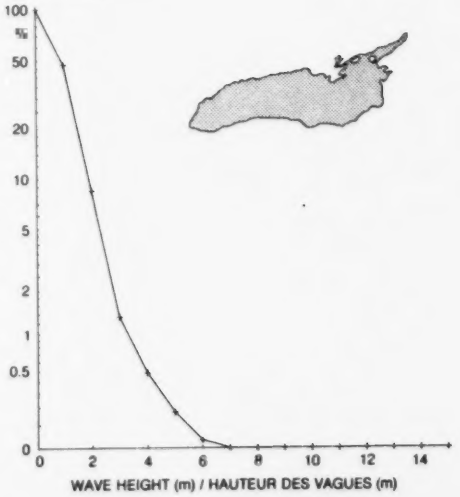
LAKE MICHIGAN
LAC MICHIGAN
N = 11438



LAKE ERIE
LAC ÉRIÉ
N = 11334



LAKE ONTARIO
LAC ONTARIO
N = 5855

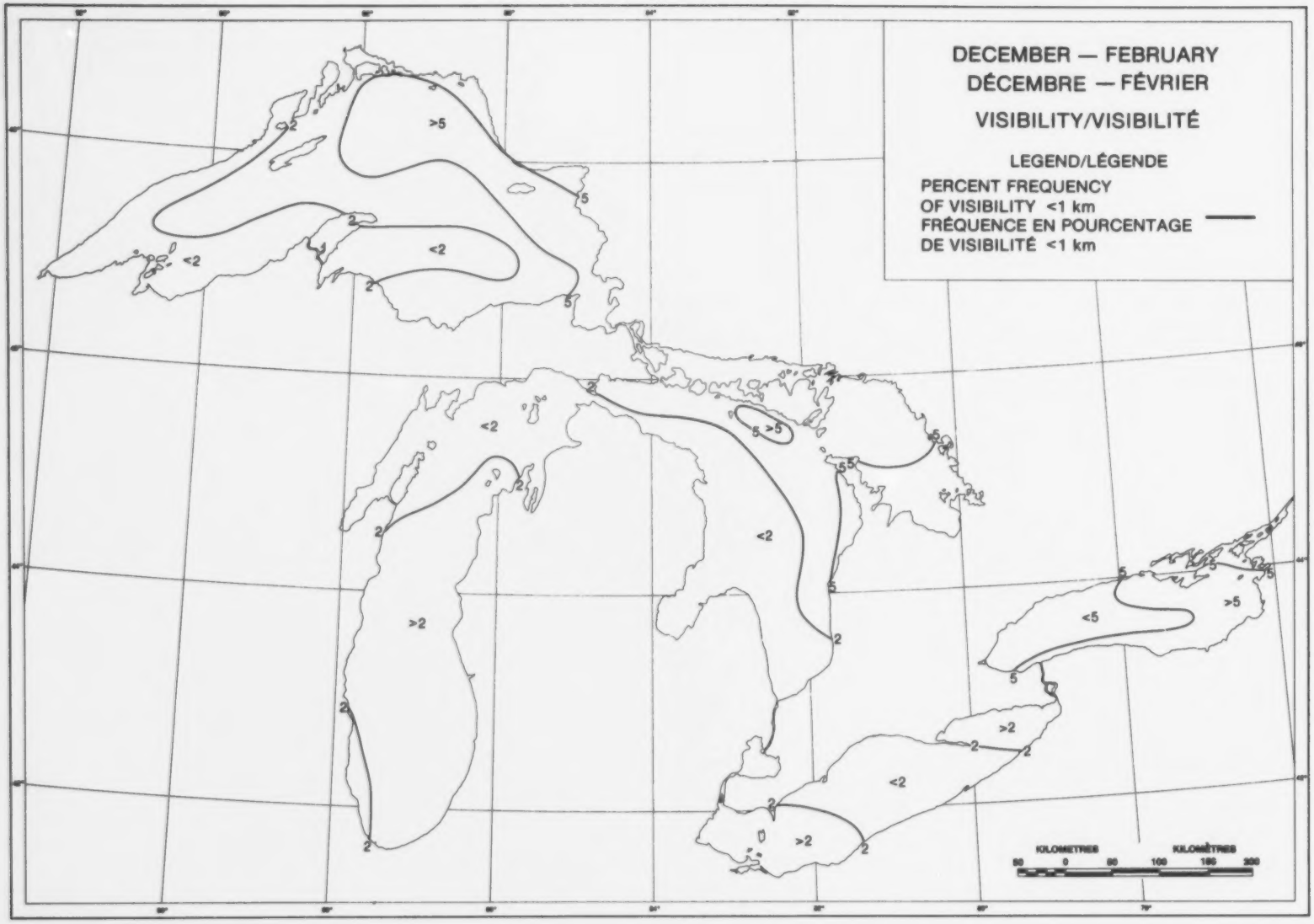


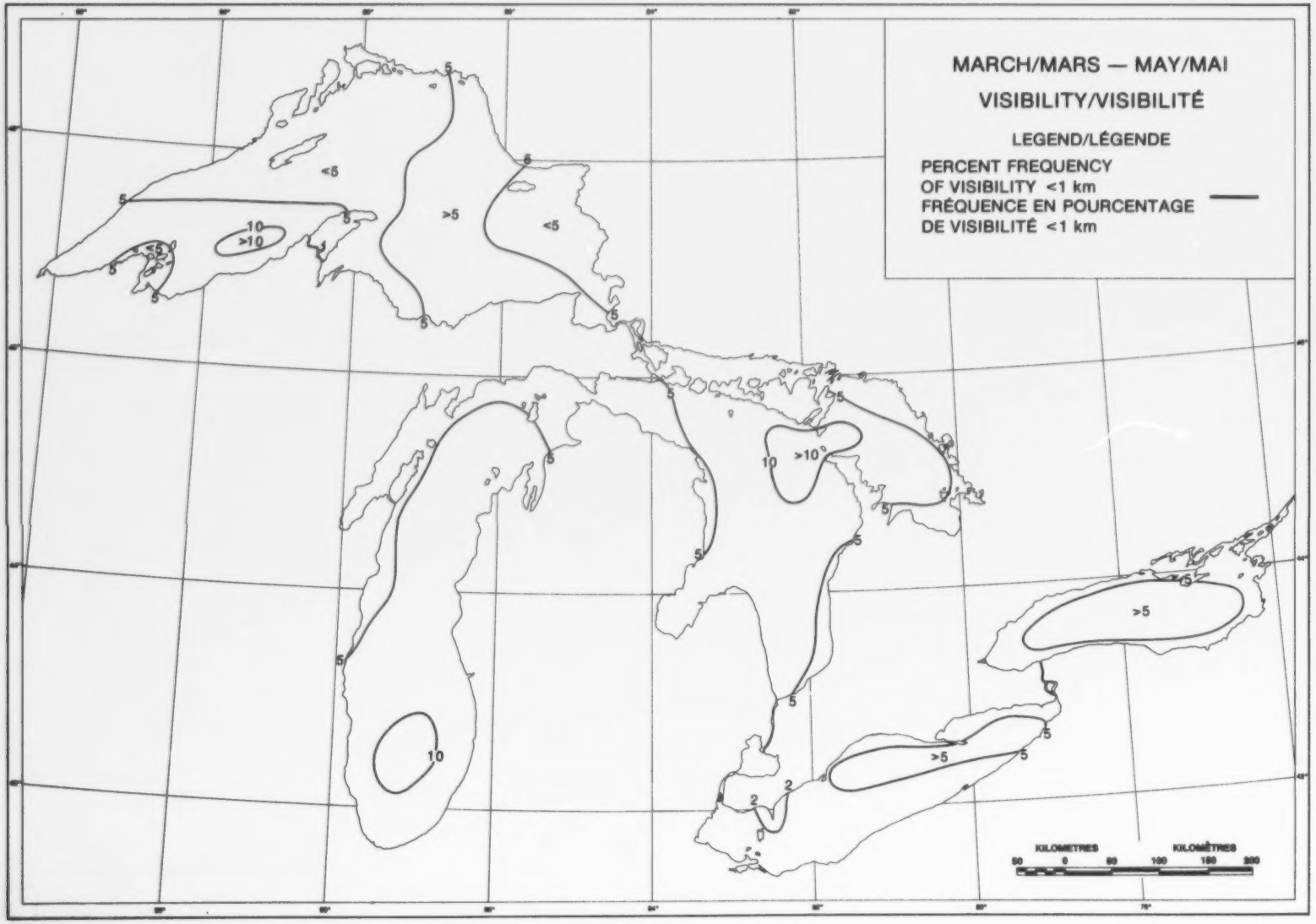
II.5 Visibility

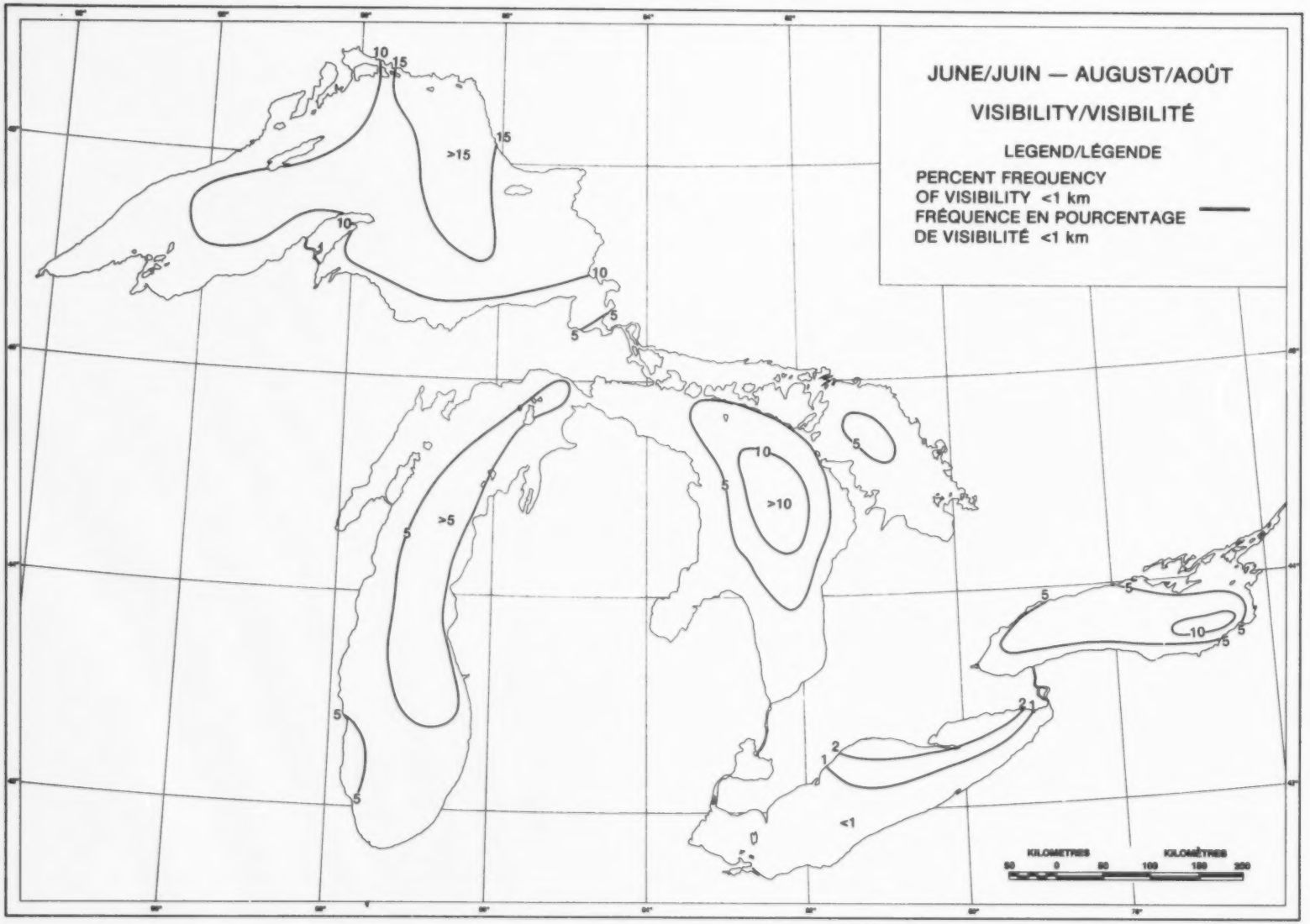
The visibility is summarized in seasonal charts showing the frequency with which visibility is reduced to one kilometre (0.6 Nautical mile) or below. The contour intervals are for 1, 2, 5, 10, 15, 20, 30 and 40 percent frequency of occurrence.

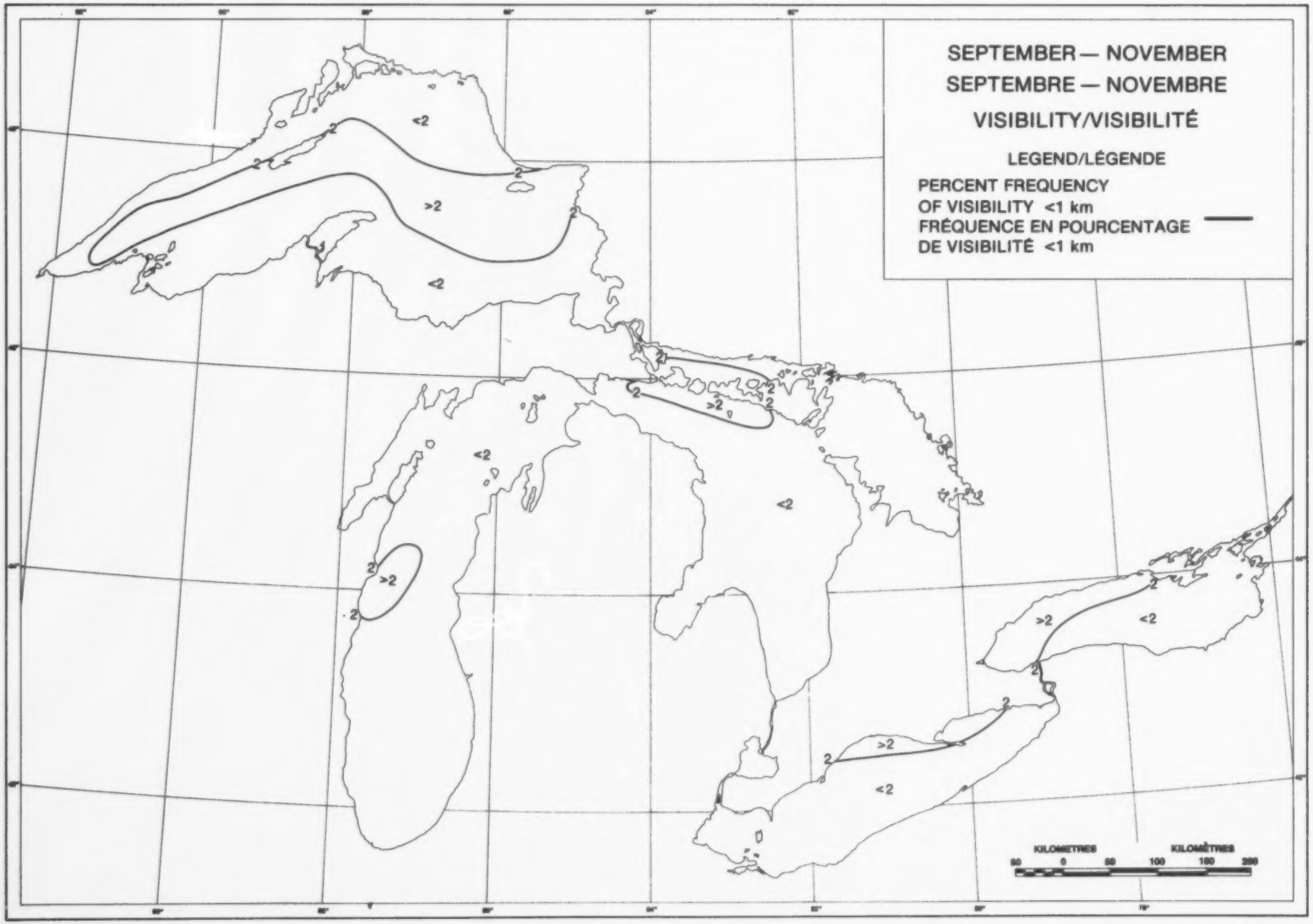
II.5 Visibilité

La visibilité est résumée dans des cartes saisonnières qui indiquent la fréquence avec laquelle la visibilité est égale ou inférieure à 1 km (ou 0,6 mille marin). Les intervalles entre les isogrammes sont de 1, 2, 5, 10, 15, 20, 30 et 40 p. 100 des phénomènes.


DECEMBER — FEBRUARY
DÉCEMBRE — FÉVRIER
VISIBILITY/VISIBILITÉ
LEGEND/LÉGENDE
PERCENT FREQUENCY
OF VISIBILITY <1 km
FRÉQUENCE EN POURCENTAGE
DE VISIBILITÉ <1 km
>5
<2
>2
<5
KILOMETRES
KILOMÈTRES
0
100
200


MARCH/MARS — MAY/MAI
VISIBILITY/VISIBILITÉ
LEGEND/LÉGENDE
PERCENT FREQUENCY
OF VISIBILITY <1 km
FRÉQUENCE EN POURCENTAGE
DE VISIBILITÉ <1 km
<5
>5
10
>10
KILOMETRES
KILOMÈTRES
50 0 50 100 150 200


JUNE/JUIN — AUGUST/AOÛT
VISIBILITY/VISIBILITÉ
LEGEND/LÉGENDE
PERCENT FREQUENCY
OF VISIBILITY <1 km
FRÉQUENCE EN POURCENTAGE
DE VISIBILITÉ <1 km
KILOMETRES
KILOMÈTRES
10
15
>15
10
10
5
5
10
>10
5
>5
5
5
5
5
10
5
2
1
2
1
<1

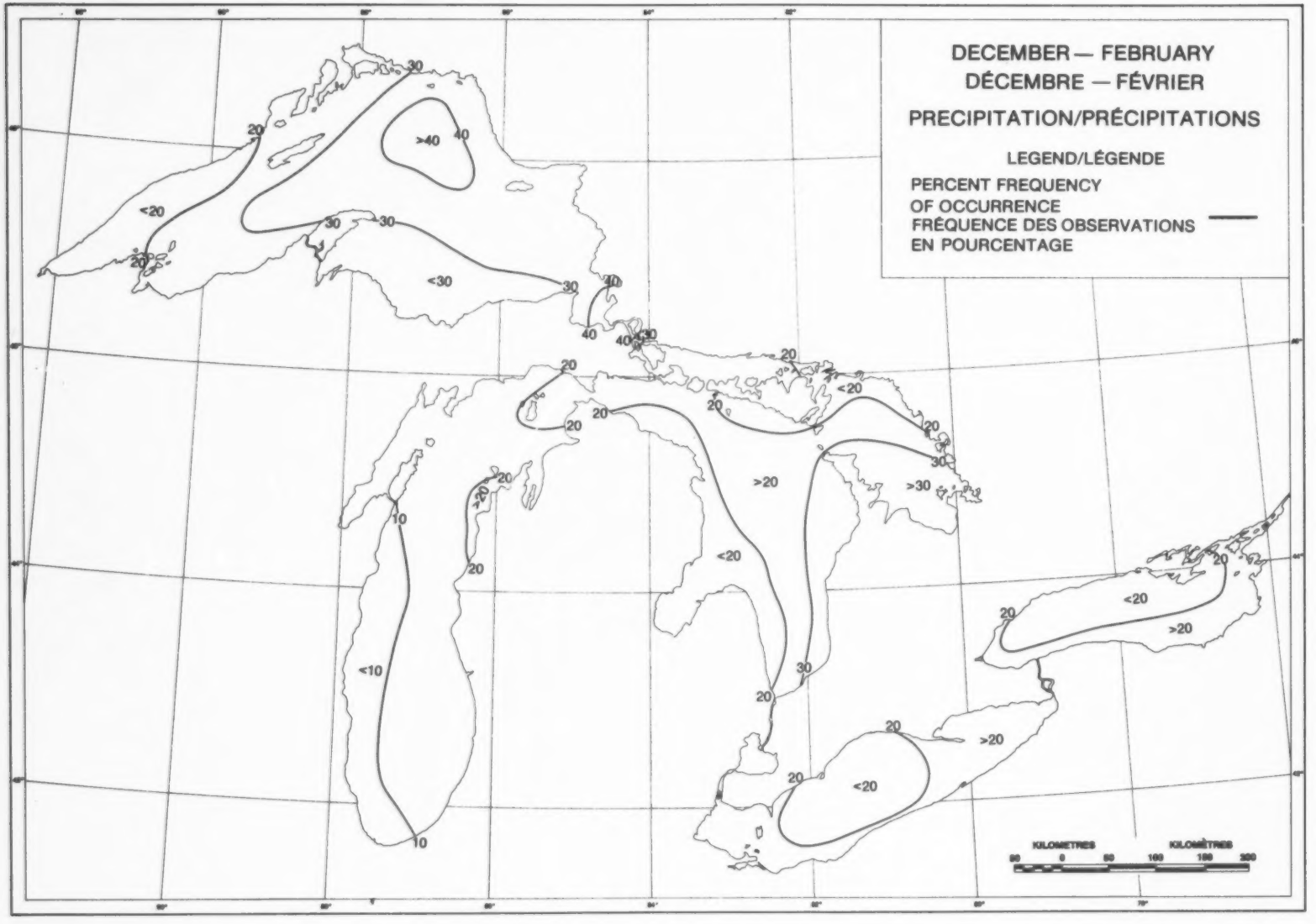

SEPTEMBER — NOVEMBER
SEPTEMBRE — NOVEMBRE
VISIBILITY/VISIBILITÉ
LEGEND/LÉGENDE
PERCENT FREQUENCY
OF VISIBILITY <1 km
FRÉQUENCE EN POURCENTAGE
DE VISIBILITÉ <1 km
<2
>2
KILOMETRES
KILOMÈTRES
50 0 50 100 150 200

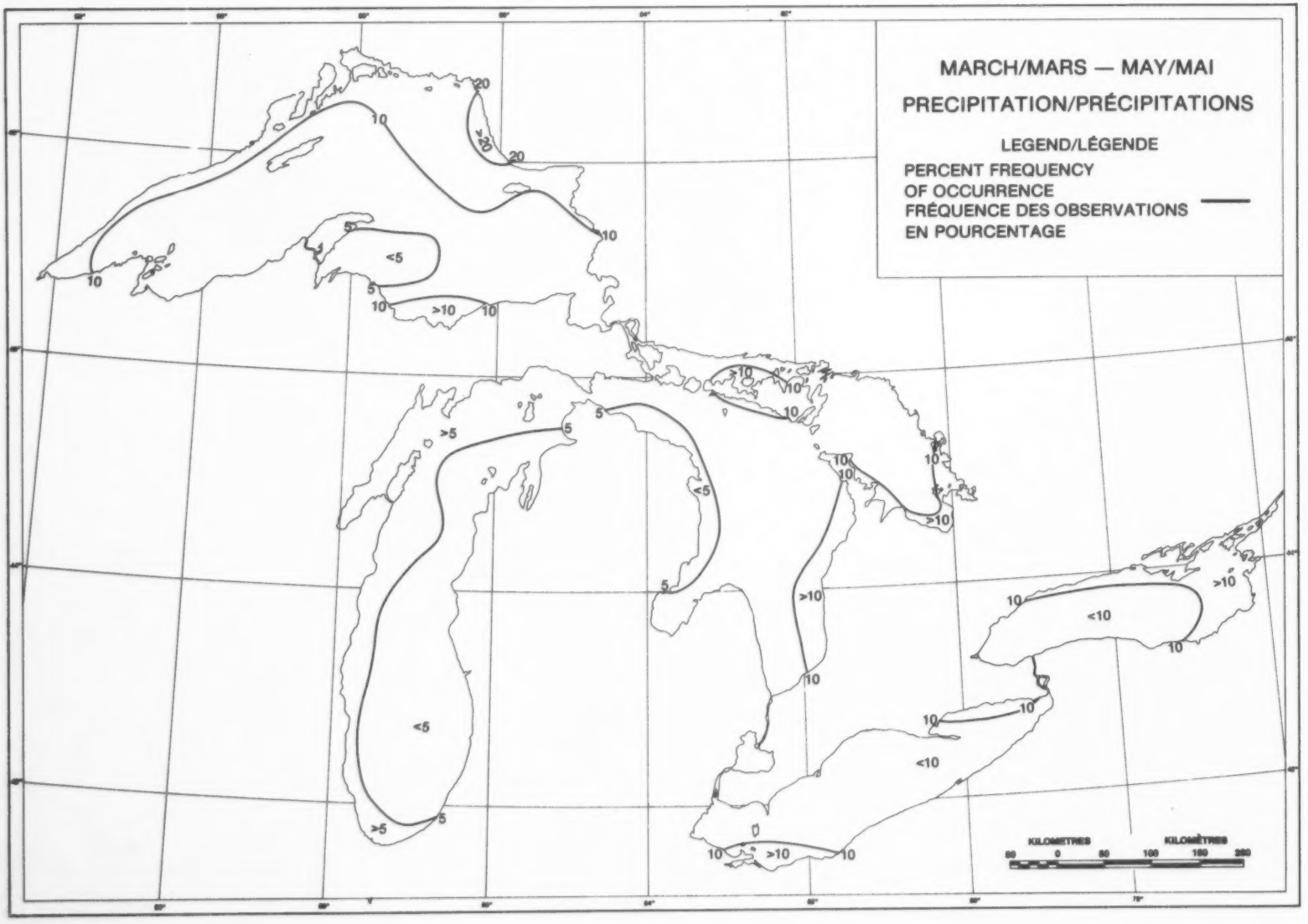
11.6 Precipitation

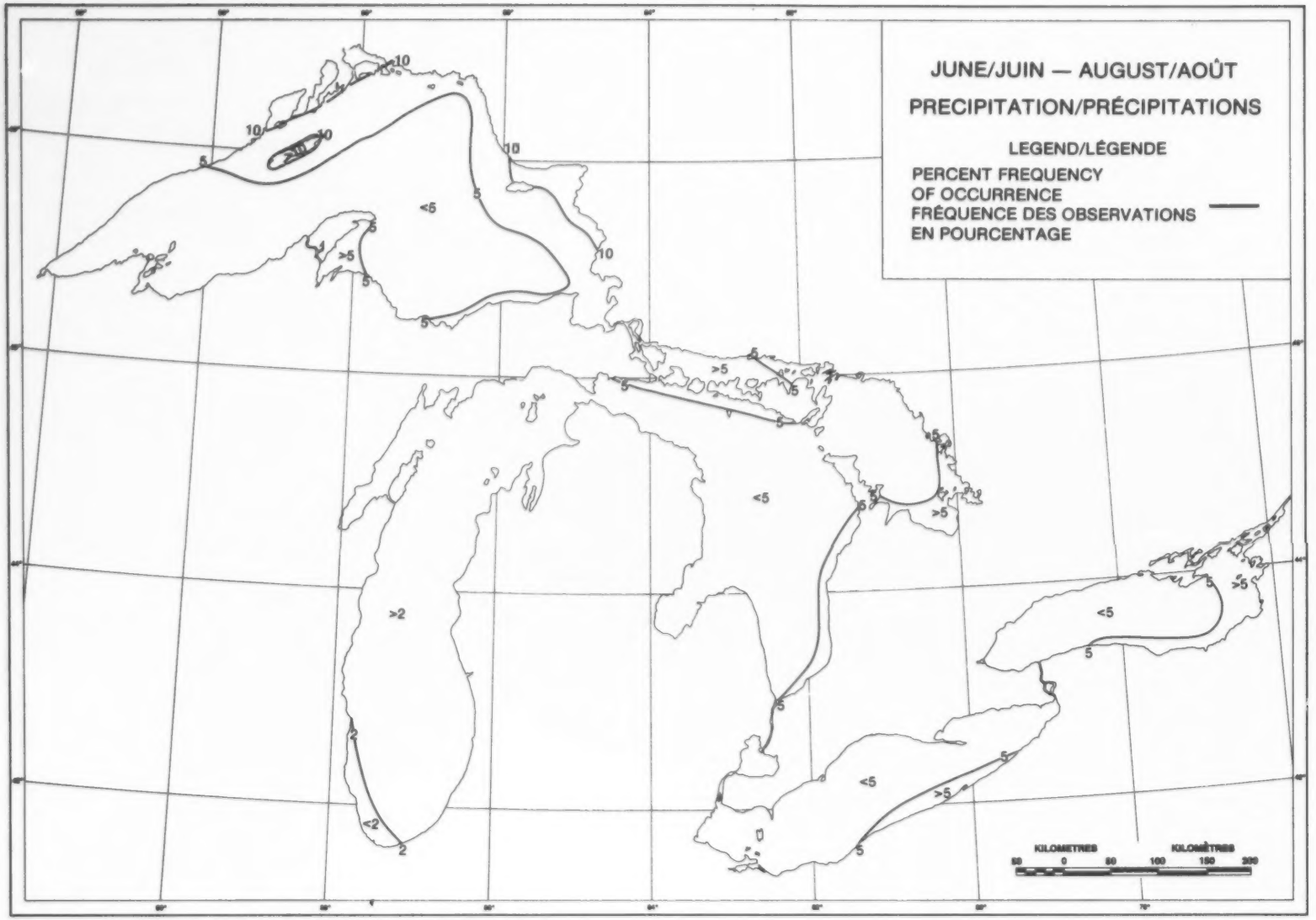
The frequency with which precipitation has been observed to occur has been summarized in each season for each lake. The contour intervals are 2, 5, 10, 20, 30 and 40 percent frequency of occurrence.

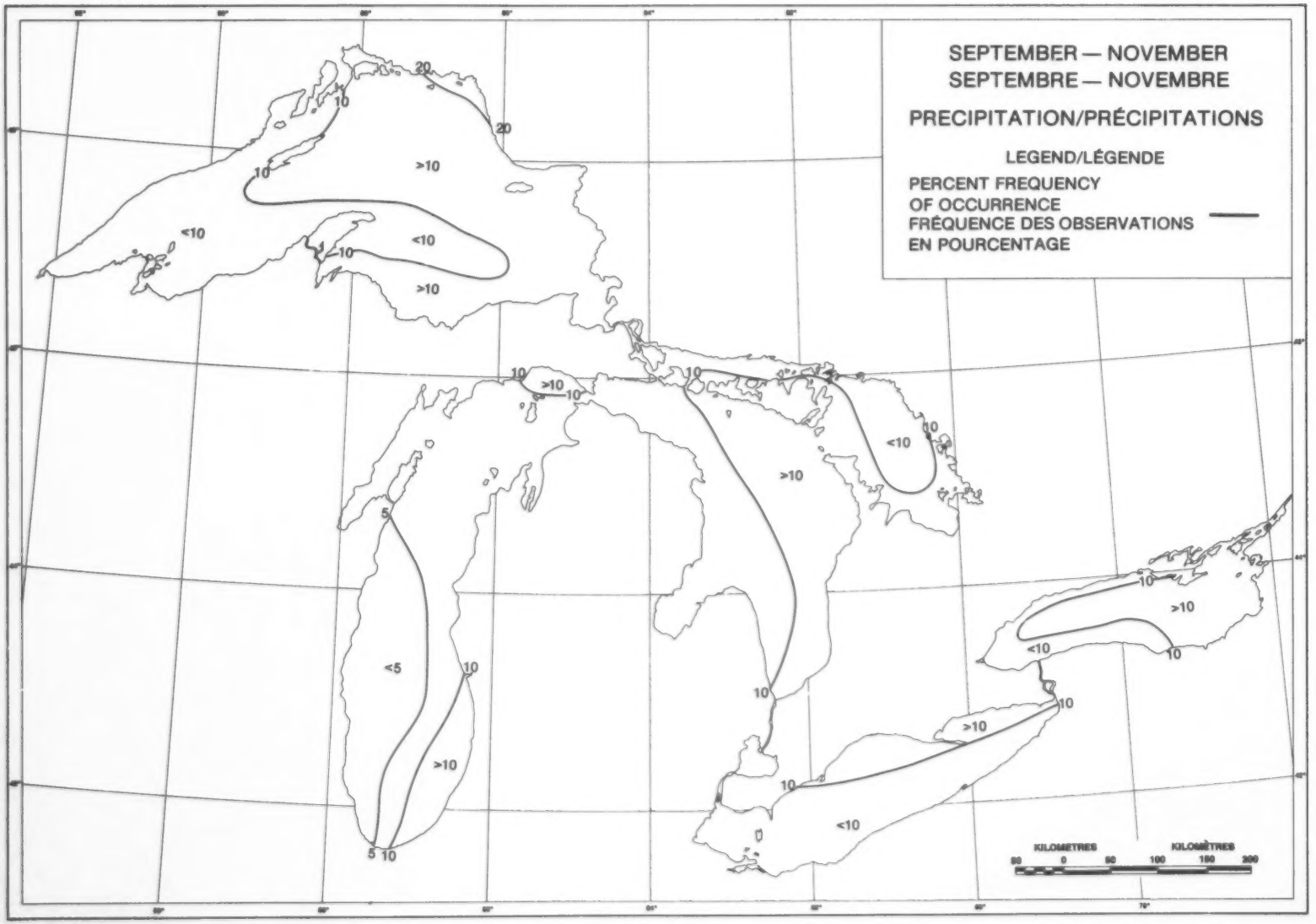
11.6 Précipitations

La fréquence d'observation de précipitations est résumée, par saison, pour chaque lac. Les intervalles entre les isogrammes sont de 2, 5, 10, 20, 30 et 40 p. 100 des phénomènes.


DECEMBER — FEBRUARY
DÉCEMBRE — FÉVRIER
PRECIPITATION/PRÉCIPITATIONS
LEGEND/LÉGENDE
PERCENT FREQUENCY
OF OCCURRENCE
FRÉQUENCE DES OBSERVATIONS
EN POURCENTAGE
KILOMETRES
KILOMÈTRES


MARCH/MARS — MAY/MAI
PRECIPITATION/PRÉCIPITATIONS
LEGEND/LÉGENDE
PERCENT FREQUENCY
OF OCCURRENCE
FRÉQUENCE DES OBSERVATIONS
EN POURCENTAGE
KILOMETRES
KILOMÈTRES
<5
<10
>5
>10
5
10
20


JUNE/JUIN — AUGUST/AOÛT
PRECIPITATION/PRÉCIPITATIONS
LEGEND/LÉGENDE
PERCENT FREQUENCY
OF OCCURRENCE
FRÉQUENCE DES OBSERVATIONS
EN POURCENTAGE
KILOMETRES
KILOMÈTRES
50 0 50 100 150 200

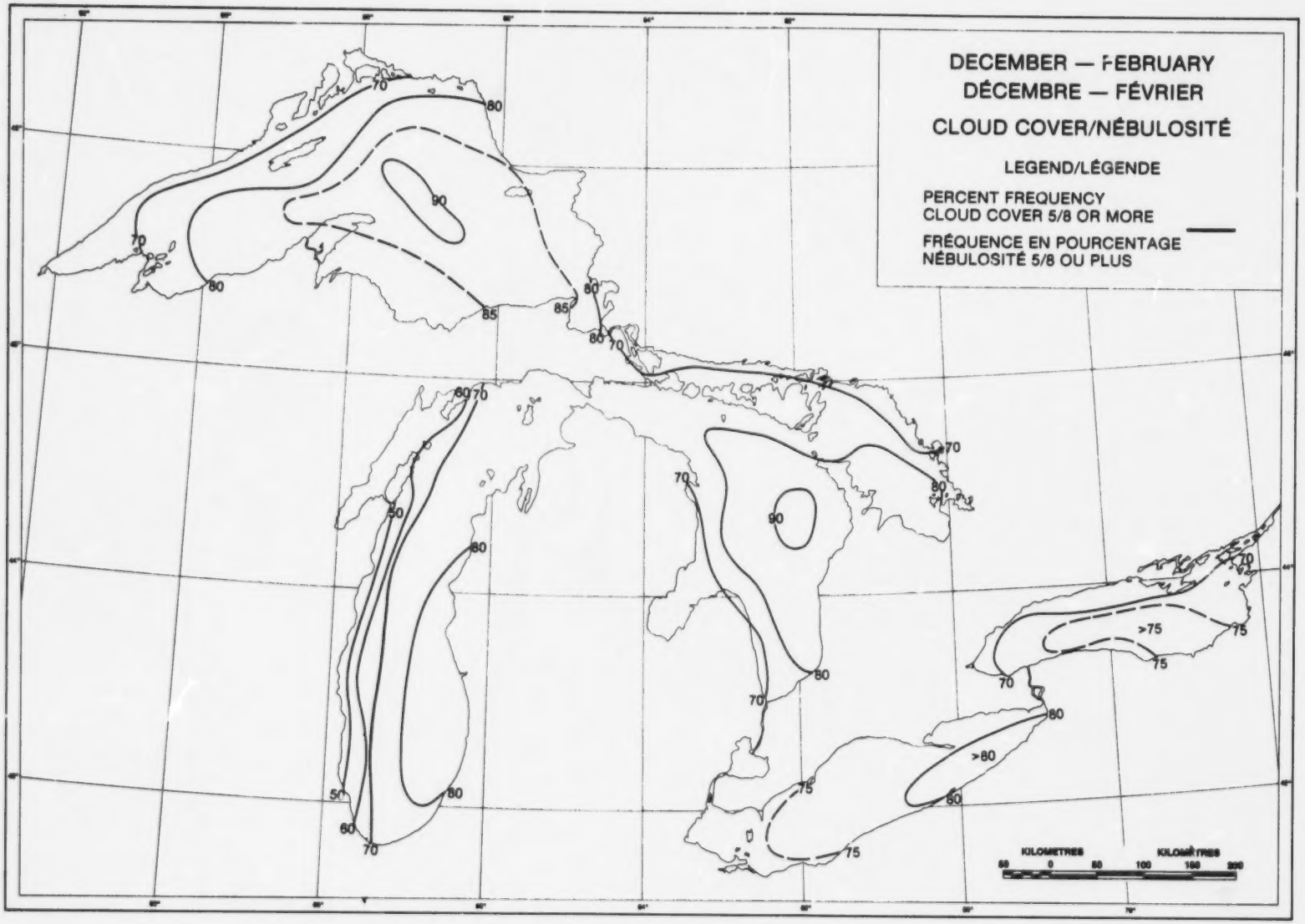

SEPTEMBER — NOVEMBER
SEPTEMBRE — NOVEMBRE
PRECIPITATION/PRÉCIPITATIONS
LEGEND/LÉGENDE
PERCENT FREQUENCY
OF OCCURRENCE
FRÉQUENCE DES OBSERVATIONS
EN POURCENTAGE
20
10
>10
<10
<10
10
>10
10
>10
10
10
<10
10
>10
5
<5
10
10
>10
5 10
10
>10
10
10
>10
10
<10
10
>10
<10
KILOMETRES
KILOMÈTRES
50 0 50 100 150 200

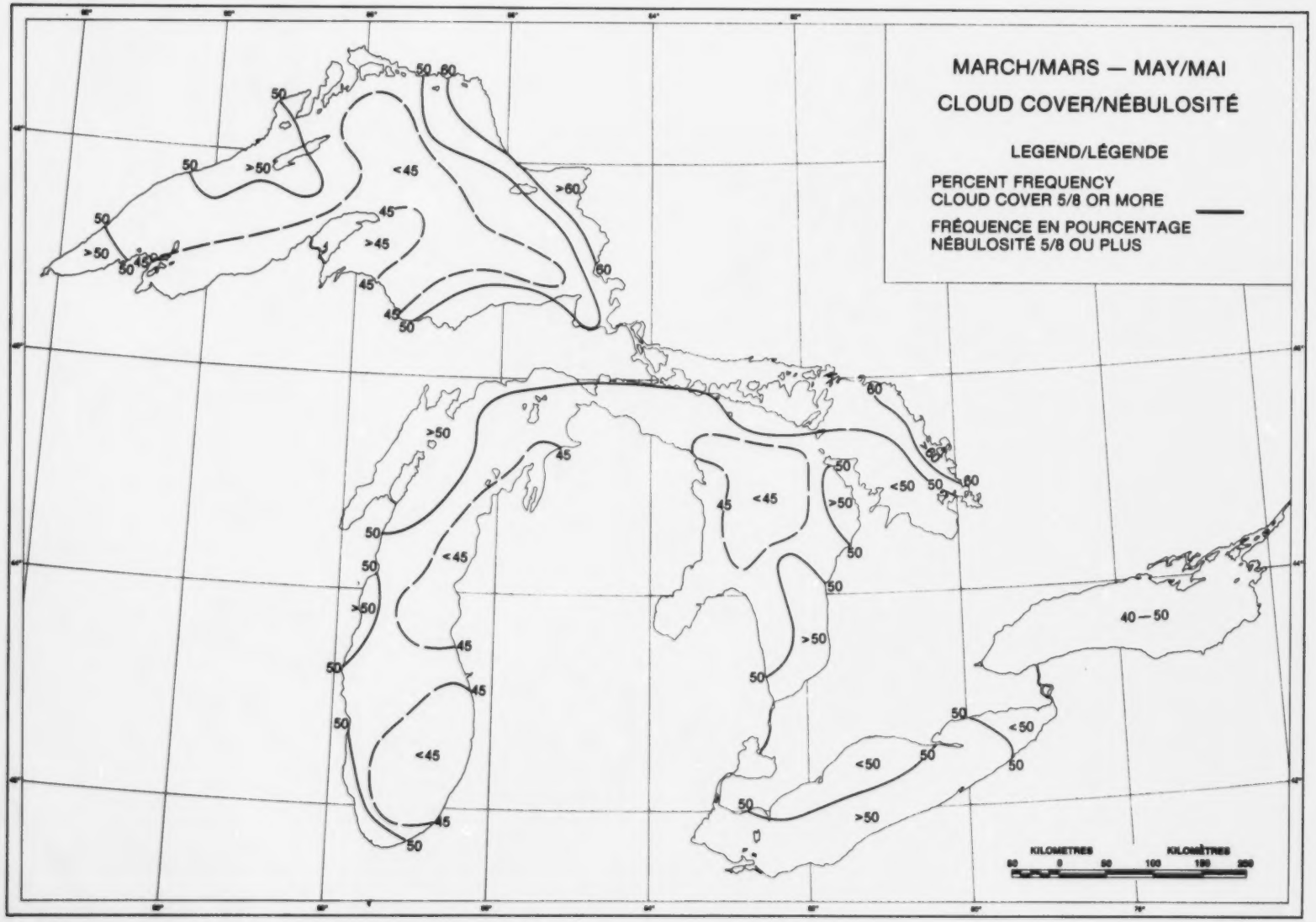
II.7 Cloud Cover

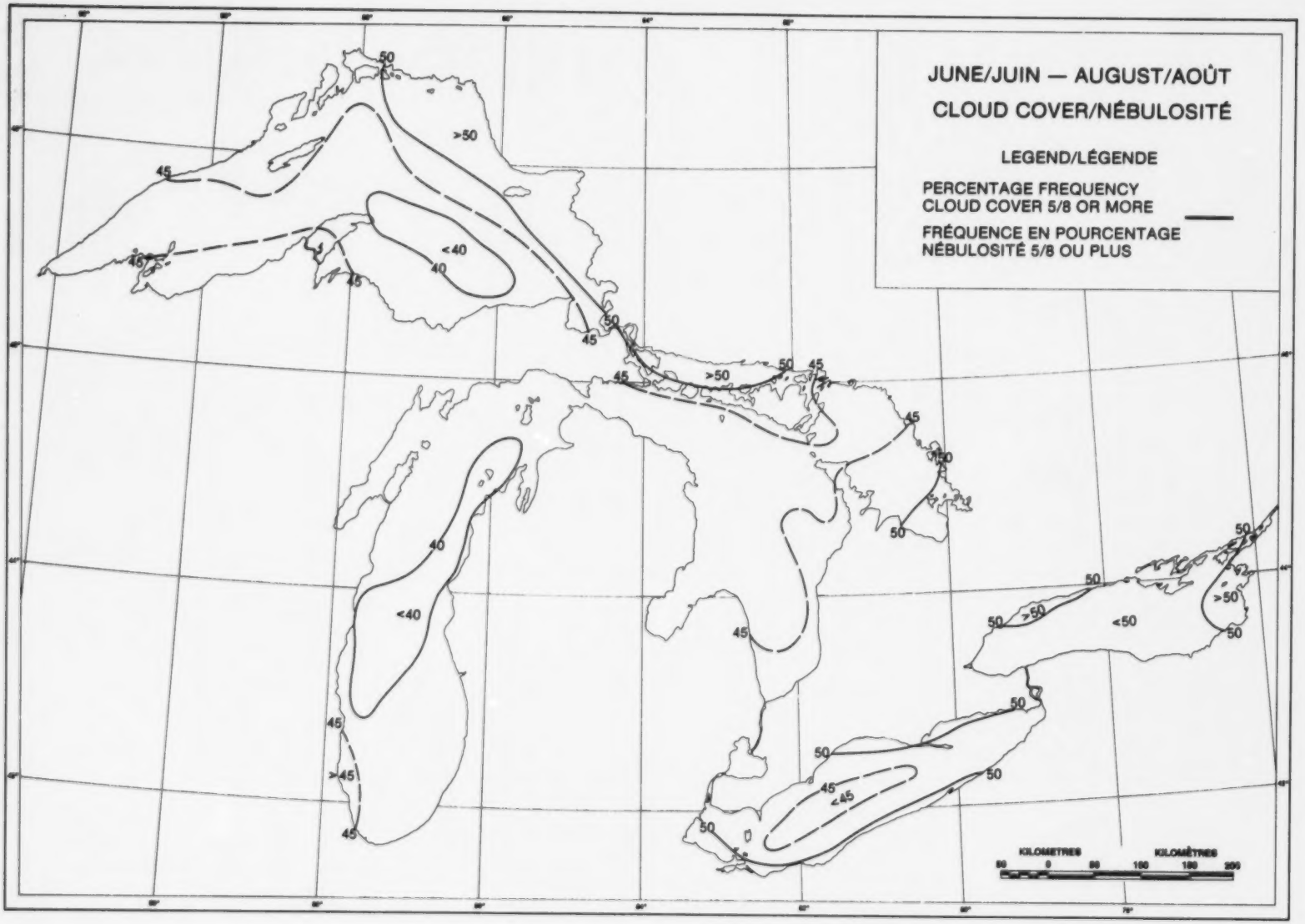
The frequency of cloudy, overcast or obscured skies (cloud cover 5 oktas or more) has been summarized for each season. Contour lines are drawn at 10% frequency of occurrence intervals but 5% intervals have been added where they would aid interpretation.

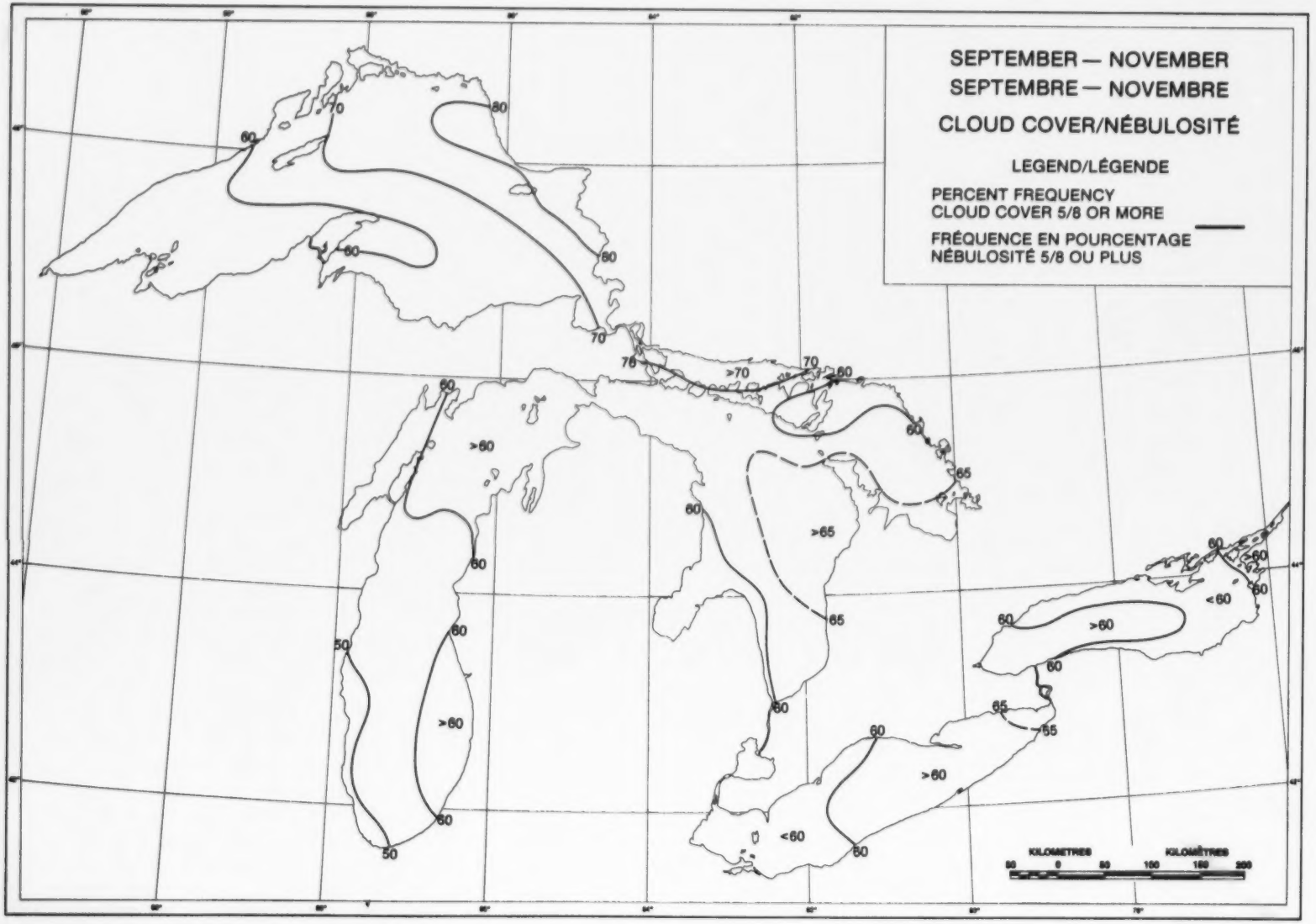
II.7 Nébulosité

La fréquence d'observation des ciels nuageux, couverts ou obscurcis (couverture nuageuse égale ou supérieure à 5 octas) est résumée pour chaque saison. Les isonèphes sont tracées à des intervalles de 10 p. 100, mais on a ajouté des intervalles de 5 p. 100 lorsque cela pouvait faciliter l'interprétation des données.


DECEMBER — FEBRUARY
DÉCEMBRE — FÉVRIER
CLOUD COVER/NÉBULOSITÉ
LEGEND/LÉGENDE
PERCENT FREQUENCY
CLOUD COVER 5/8 OR MORE
FRÉQUENCE EN POURCENTAGE
NÉBULOSITÉ 5/8 OU PLUS
KILOMETRES
KILOMÈTRES

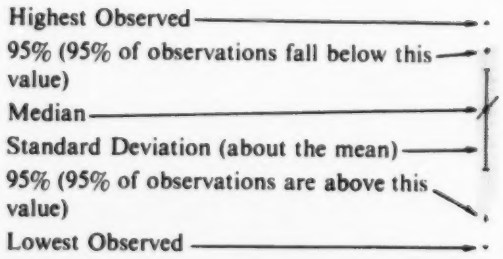

MARCH/MARS — MAY/MAI
CLOUD COVER/NÉBULOSITÉ
LEGEND/LÉGENDE
PERCENT FREQUENCY
CLOUD COVER 5/8 OR MORE
FRÉQUENCE EN POURCENTAGE
NÉBULOSITÉ 5/8 OU PLUS
40 — 50
KILOMETRES
KILOMÈTRES


JUNE/JUIN — AUGUST/AOÛT
CLOUD COVER/NÉBULOSITÉ
LEGEND/LÉGENDE
PERCENTAGE FREQUENCY
CLOUD COVER 5/8 OR MORE
FRÉQUENCE EN POURCENTAGE
NÉBULOSITÉ 5/8 OU PLUS
KILOMETRES
KILOMÈTRES
50
>50
45
<40
40
<50
>45
<45


SEPTEMBER — NOVEMBER
SEPTEMBRE — NOVEMBRE
CLOUD COVER/NÉBULOSITÉ
LEGEND/LÉGENDE
PERCENT FREQUENCY
CLOUD COVER 5/8 OR MORE
FRÉQUENCE EN POURCENTAGE
NÉBULOSITÉ 5/8 OU PLUS
KILOMETRES
KILOMÈTRES

III GRAPHICAL SUMMARIES — LAKE AREAS

Graphs summarizing the climate of each lake area have been produced. These take two forms. In the first are statistics for air and water temperature, humidity, wind speed and the air-water temperature difference. The statistics include the median, the standard deviation about the mean, the 95% upper and lower limits of the data and the observed extremes. A key for these summaries appears below:

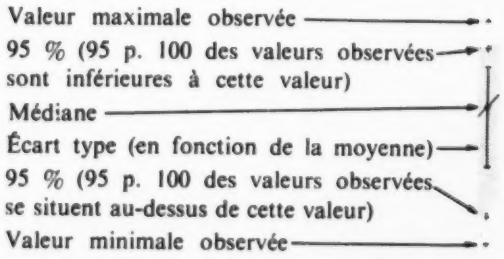


The extremes plotted on the charts should be used with caution as these are based on relatively small amounts of data. They indicate only the most extreme values accepted after quality control considerations.

The remaining graphs depict the observed frequency of climate elements or their ranges. These graphs include the relative frequency of occurrence of air and water temperature, wind speed, wind chill and wave height ranges, freezing spray potentials, precipitation by type, cloud amount, visibility ranges, thunder at the time of the observation, and good shipping weather. Keys to assist in interpretation appear beside each graph. An example appears below:

III SOMMAIRE GRAPHIQUE — ZONES DES LACS

Des graphiques illustrant de façon sommaire le climat de chaque zone de lac ont été produits. Ils se présentent sous deux formes; la première série de graphiques comprend des statistiques pour les températures de l'air et de l'eau, l'humidité, la vitesse du vent et la différence de température entre l'eau et l'air. Les données statistiques comprennent la moyenne, l'écart type, les limites inférieures et supérieures des données à 95 p. 100 et les valeurs extrêmes observées. Voici les symboles utilisés dans ces tableaux.



Il faut utiliser les valeurs extrêmes pointées sur ces cartes avec prudence puisqu'elles se fondent sur un nombre relativement petit de données. Elles ne représentent que les valeurs extrêmes acceptées après le contrôle de la qualité.

L'autre série de graphiques illustre la fréquence observée des éléments climatologiques ou leur ordre de grandeur. Ils comprennent la fréquence relative des températures de l'eau et de l'air, les ordres de grandeur de la hauteur des vagues, du refroidissement du vent et de la vitesse du vent, la possibilité d'embruns se congelant, les précipitations par genre, la visibilité, le tonnerre au moment et l'observation de même que les conditions météorologiques favorables à la navigation. Des explications figurent à côté de chaque graphique afin d'en faciliter l'interprétation.

Data in the winter months are very scarce. Those months in which there are less than 40 observations of a particular element are indicated by "INSUFFICIENT OBSERVATIONS" printed on the graph. Observations of humidity and clouds are especially rare as these are not regularly observed.

Windchill is important in defining the severity of an outside operating environment. The efficiency of performing work outdoors diminishes with cold and the protective clothing which becomes necessary.

Windchill is defined as the rate of cooling, in Watts per square metre (W/m^2), of a surface held at body temperature and exposed to the combined effects of wind speed and air temperature. The windchill is calculated according to the formula of Siple and Passel (1945).

The frequency of occurrence of wind chill ranges is summarized and the highest observed windchill values are tabulated in the graphs.

Pendant les mois d'hiver, les données recueillies sont très rares. Les mois pour lesquels il y a eu moins de 40 observations pour un élément météorologique particulier sont indiquées par la mention "observations insuffisantes" sur le graphique. Les données relatives à l'humidité et aux nuages sont particulièrement rares puisque ces phénomènes météorologiques ne font pas l'objet d'observations régulières.

Le refroidissement éolien est un aspect important à considérer pour déterminer la rigueur du froid dans un milieu de travail extérieur. La capacité d'effectuer des travaux à l'extérieur diminue avec le froid et il devient alors nécessaire de porter des vêtements de protection.

Le refroidissement éolien se définit comme la vitesse de refroidissement exprimée en watts par mètre carré (W/m^2) d'une surface maintenue à la température du corps, exposée à l'effet combiné de la vitesse du vent et de la température de l'air. Le calcul du refroidissement éolien s'effectue d'après la formule de Siple et Passel (1945).

Les graphiques présentent la fréquence de certaines valeurs du refroidissement éolien et les valeurs les plus élevées qui ont été observées.

An indication of the effects of and precautions suggested for selected windchill thresholds has been adapted from the temperature — windchill index nomogram used by the United States Air Force at Goose Bay Air Base, Labrador (Maxwell, 1980). This is given below:

below 1000 W/m²	Comfortable with normal precaution.
over 1000 W/m²	Work and travel become uncomfortable unless properly clothed.
over 1400 W/m²	Work and travel become more hazardous unless properly clothed. Heavy outer clothing necessary.
over 1600 W/m²	Unprotected skin will freeze with direct exposure over prolonged period. Heavy outer clothing becomes mandatory.
over 1900 W/m²	Unprotected skin can freeze in one minute with direct exposure. Multiple layers of clothing mandatory. Adequate face protection becomes important. Work and travel alone not advisable.
over 2200 W/m²	Adequate face protection becomes mandatory. Work and travel alone prohibited. Supervisors must control exposure times by careful work scheduling.
over 2600 W/m²	Personnel become easily fatigued. Buddy system & observation mandatory.

NOTE: Proper clothing simply means protecting all skin areas from direct wind with sufficient thickness to prevent undue coldness.

Le tableau qui suit indique les effets du refroidissement éolien pour des seuils choisis et les précautions qu'il faut prendre. Il s'agit d'une adaptation du nomogramme de refroidissement éolien utilisé par "United States Air Force" à la base aérienne de Goose Bay au Labrador (Maxwell, 1980).

à 1000 W/m²	Aucune gêne en prenant les précautions habituelles.
à 1000 W/m²	Gêne dans le travail et les déplacements à moins de porter des vêtements appropriés.
à 1400 W/m²	Plus de risques dans le travail et les déplacements à moins de porter des vêtements appropriés. Le port d'épais vêtements d'extérieur s'impose.
à 1600 W/m²	Gel de la peau exposée directement durant une longue période. Le port d'épais vêtements d'extérieur s'impose.
à 1900 W/m²	Gel possible, en une minute, de la peau exposée directement. Le port de nombreuses épaisseurs de vêtements s'impose. Importance d'une protection faciale appropriée. Travail et déplacement solitaires déconseillés.
à 2200 W/m²	Port obligatoire d'une protection faciale appropriée. Interdiction de travailler ou de se déplacer seul. Les surveillants doivent réglementer le temps d'exposition à l'aide d'un plan de travail prudent.
à 2600 W/m²	Épuisement rapide du personnel. Travail par deux et observations réciproques obligatoires.

REMARQUE : Le port de vêtements appropriés signifie qu'il faut protéger toute la peau contre l'action directe du vent au moyen de vêtements assez épais pour empêcher un froid excessif.

Ice can accumulate on vessels from freezing fogs, accretion of freezing and frozen precipitation, and freezing spray. Accumulations can become dangerous by reducing the stability of a vessel. Moreover, ice is a hazard because it results in slippery decks, and accumulates on rigging, safety equipment, windows, and doors. The quantity and quality of observations of the frequency of occurrence of rime and freezing precipitation were not considered adequate for inclusion in this atlas. However, the potential for ice accretion due to freezing spray has been calculated from ships observations using a computerized version of a nomogram devised by Kachurin et al. (1974).

The potential for freezing spray is summarized in the following severity categories:

Category	Computed Rate of Ice Accumulation
no icing	<0.5 mm/h
light	0.5 to <1.25 mm/hr
moderate	1.25 to <2.5 mm/hr
heavy	2.5 to <6.25 mm/hr
severe	6.25 mm/hr or more

The actual rate of ice accumulation would vary significantly from vessel to vessel, depending on its size and the manner in which it is being operated. However, the summary of the frequency of occurrence of freezing spray presented in the graphs provides an indication of the likelihood of accumulating significant amounts of ice on vessel superstructures.

The Good Shipping Weather graph summarizes the frequency of conditions considered to be good for marine transportation. Good shipping weather is considered to occur whenever the winds are less than 20 knots and the visibility is better than 5 nautical miles.

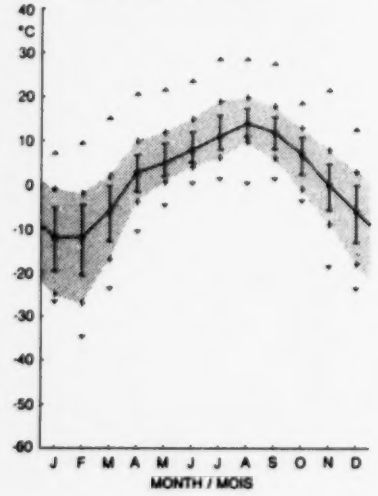
Les brouillard et les embruns se congelant de même que l'accumulation de précipitation glacées ou se congelant peuvent provoquer des accumulations de glace sur les navires. Ces accumulations peuvent être dangereuses car elles réduisent la stabilité du navire. La glace représente un danger supplémentaire parce qu'elle rend les ponts glissants et qu'elle s'accumule sur le gréement, le matériel de sécurité, les fenêtres et les portes. Les données relatives à la fréquence de brouillard givrant et de précipitations se congelant n'ont pas été incluses dans le présent atlas parce qu'on a considéré que la quantité et la qualité des observations ne le justifiaient pas. Toutefois, le risque d'accumulation de glace attribuable aux embruns se congelant a été calculé à l'aide d'une version informatisée d'un nomogramme conçu par Kachurin et al. (1974) en se fondant sur les observations faites à bord des navires. Le risque de givrage pour les embruns se congelant est résumé dans les catégories suivantes :

Catégorie	Vitesse d'accumulation de la glace
aucune accumulation	<0,5 mm/h
accumulation légère	0,5 à <1,25 mm/h
accumulation modérée	1,5 à <2,5 mm/h
accumulation forte	2,5 à V6,26 mm/h
accumulation extrême	6,25 mm/h et plus

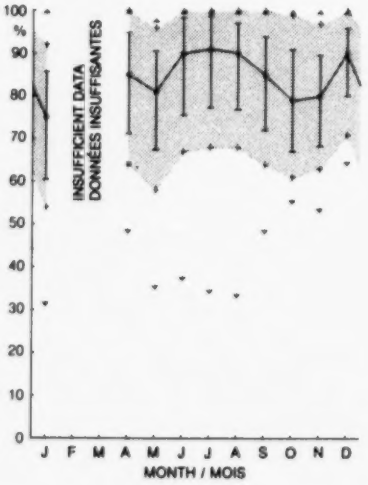
La vitesse réelle d'accumulation de la glace varie de façon significative d'un navire à l'autre selon sa grosseur et la façon dont il est manoeuvré. Toutefois, le sommaire de la fréquence des embruns se congelant présenté dans ces graphiques donne une indication de la possibilité d'accumulations importantes de glace sur la superstructure des navires.

Le graphique sur les conditions météorologiques favorables à la navigation indique la fréquence des conditions météorologiques jugées favorables au transport maritime. On considère que les conditions météorologiques sont favorables à la navigation lorsque la vitesse des vents est inférieure à 20 noeuds et que la visibilité est supérieure à 5 milles marins.

AIR TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'AIR

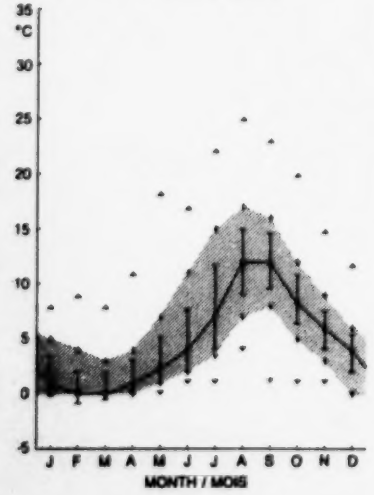


HUMIDITY
HUMIDITÉ

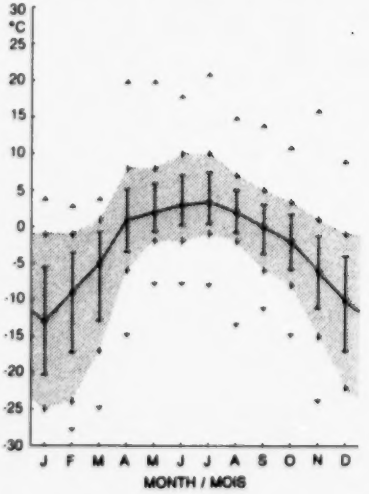


NORTHERN LAKE SUPERIOR
LAC SUPERIEUR NORD

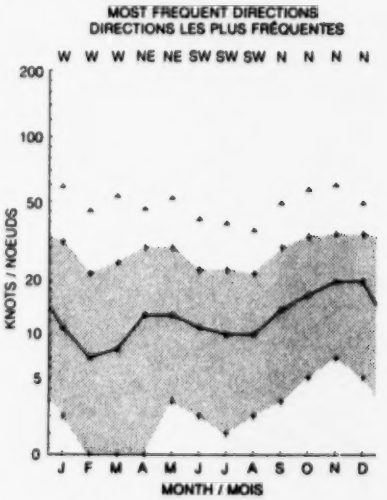
WATER TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'EAU



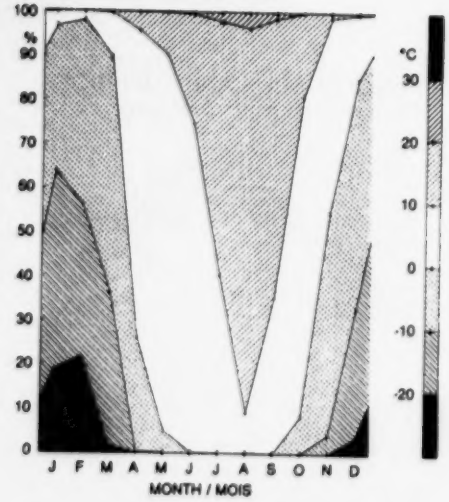
AIR-WATER TEMPERATURE
DIFFERENCE
ÉCART DE TEMPÉRATURES AIR-LAC



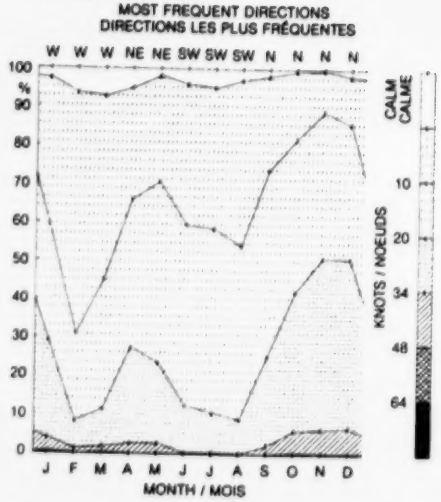
WIND SPEED
VITESSE DU VENT



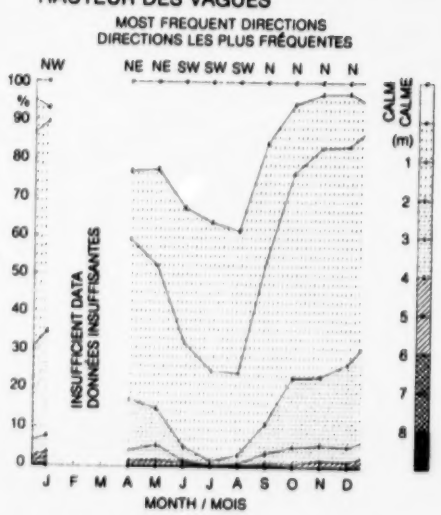
AIR TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'AIR



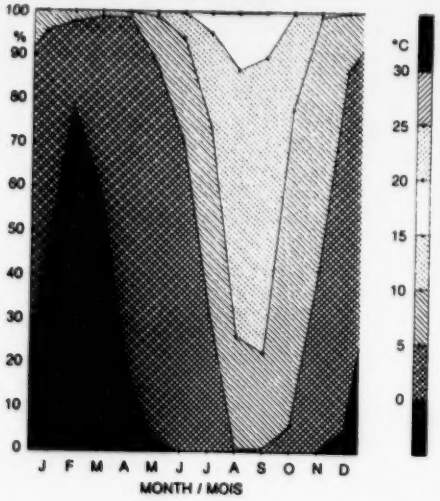
WIND SPEED
VITESSE DU VENT



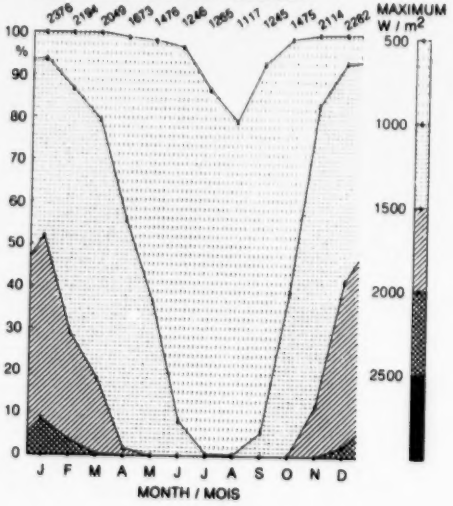
WAVE HEIGHT
HAUTEUR DES VAGUES



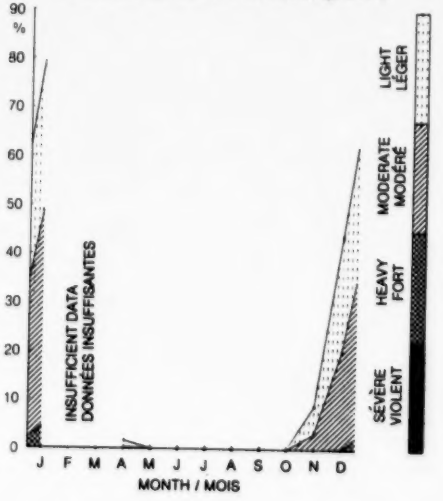
WATER TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'EAU



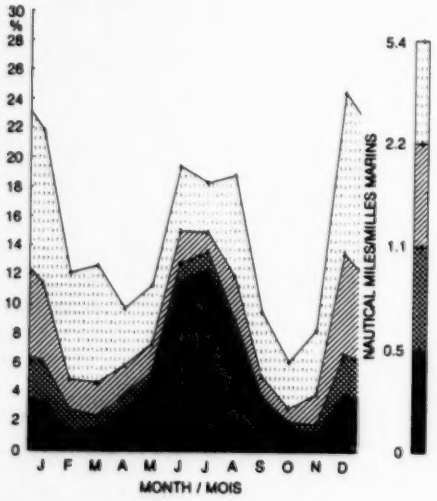
WIND CHILL
REFROIDISSEMENT ÉOLIEN



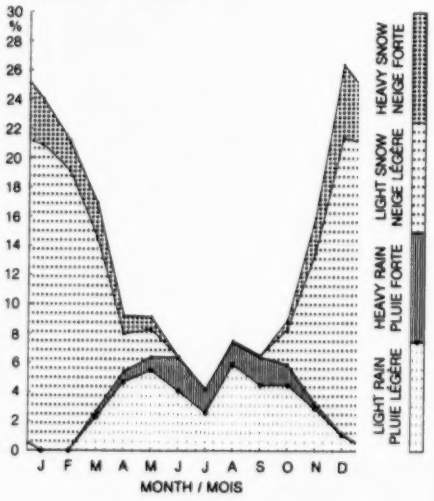
FREEZING SPRAY POTENTIAL
RISQUE D'EMBRUNS VERGLAÇANTS



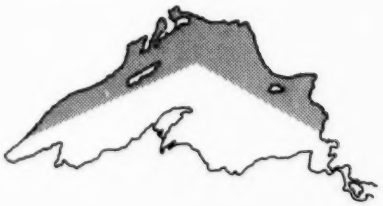
VISIBILITY
VISIBILITÉ



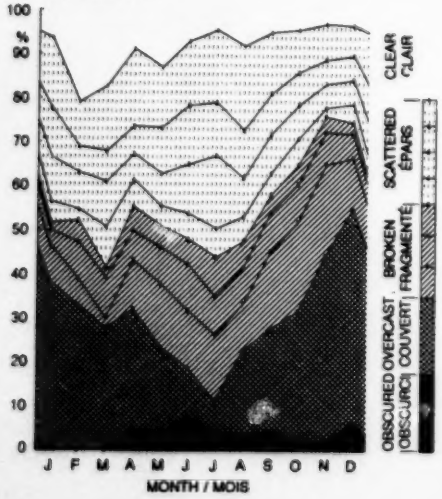
PRECIPITATION
PRÉCIPITATIONS



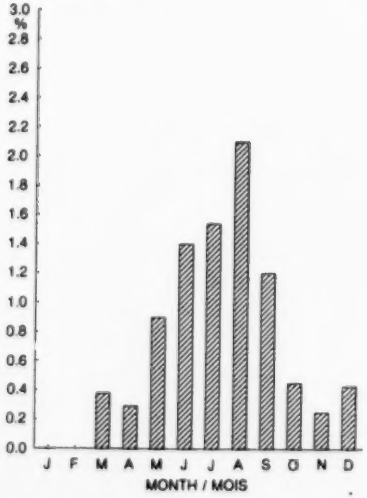
NORTHERN LAKE SUPERIOR
LAC SUPERIEUR NORD



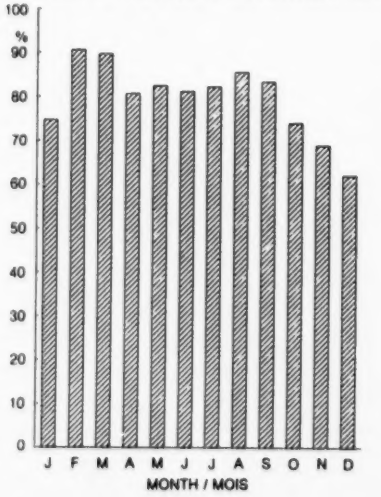
CLOUDS
NÉBULOSITÉ



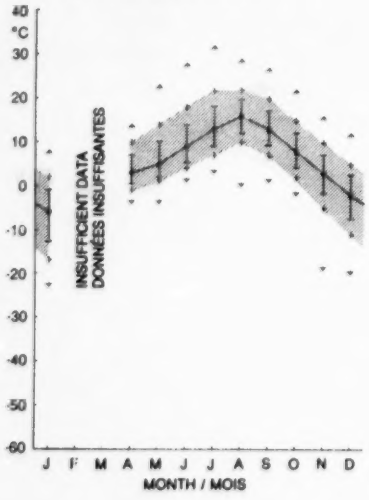
THUNDER
TONNERRE



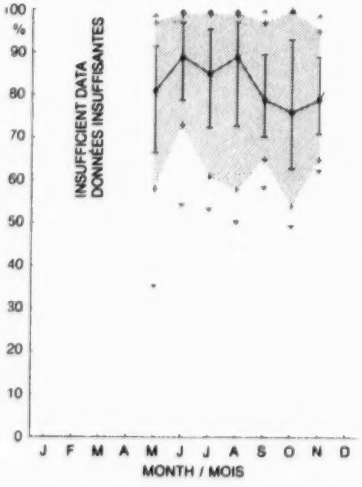
GOOD SHIPPING WEATHER
TEMPS PROPICE À LA NAVIGATION



AIR TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'AIR

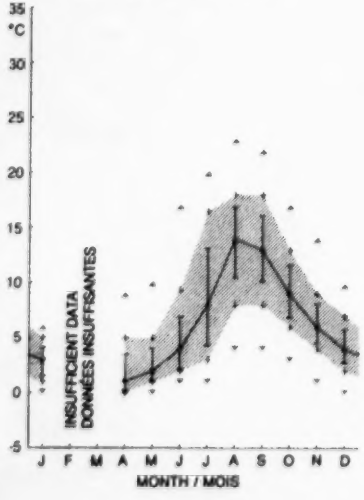


HUMIDITY
HUMIDITÉ

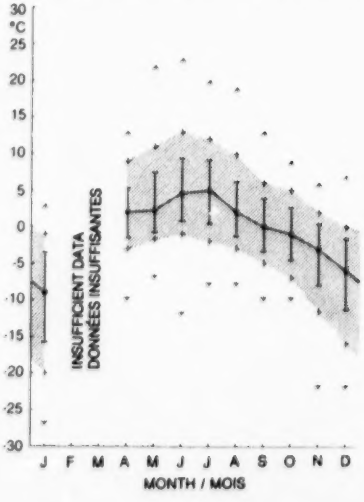


SOUTHERN LAKE SUPERIOR
LAC SUPERIEUR SUD

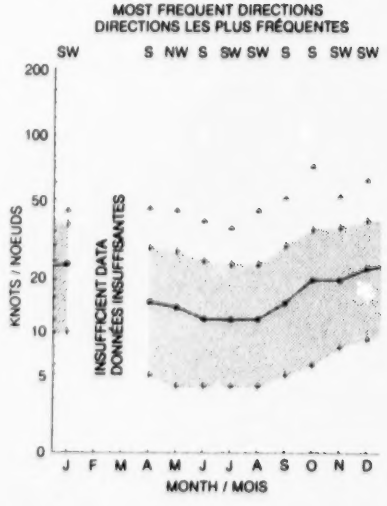
WATER TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'EAU



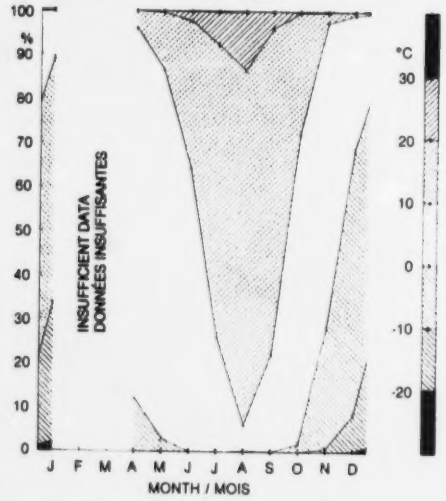
AIR-WATER TEMPERATURE
DIFFERENCE
ÉCART DE TEMPÉRATURES AIR-LAC



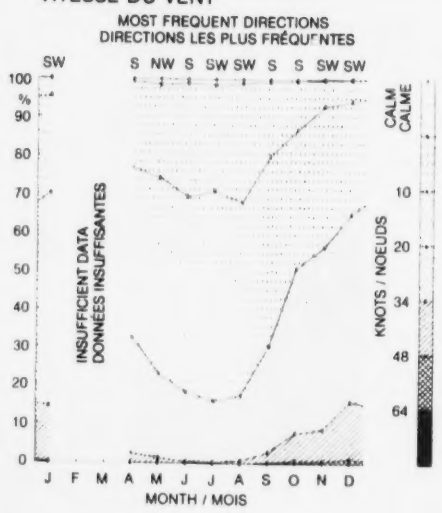
WIND SPEED
VITESSE DU VENT



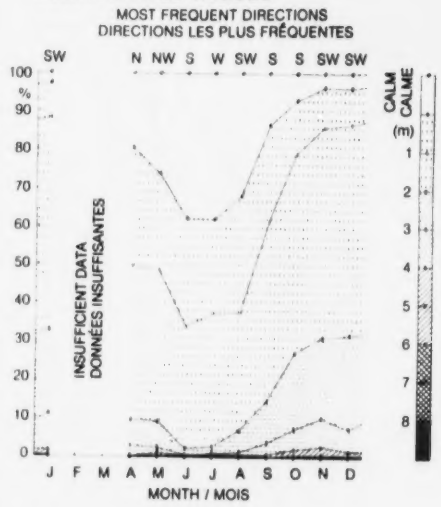
AIR TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'AIR



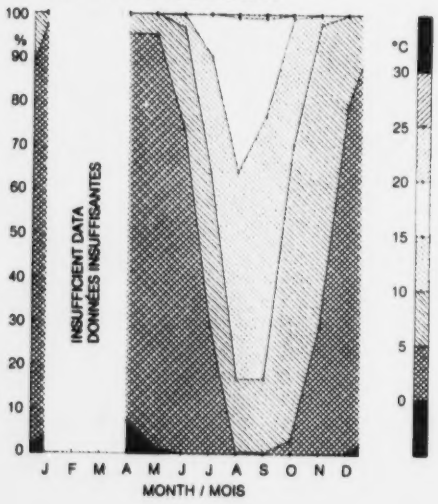
WIND SPEED
VITESSE DU VENT



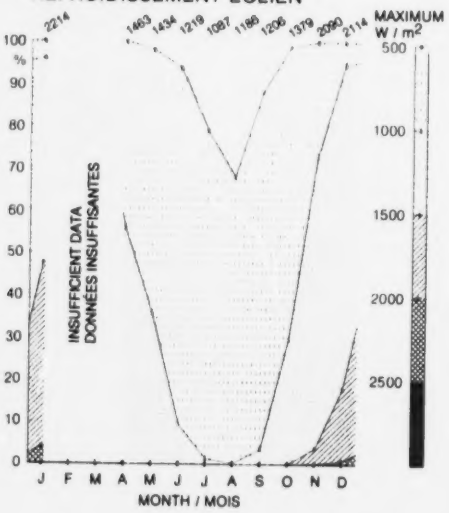
WAVE HEIGHT
HAUTEUR DES VAGUES



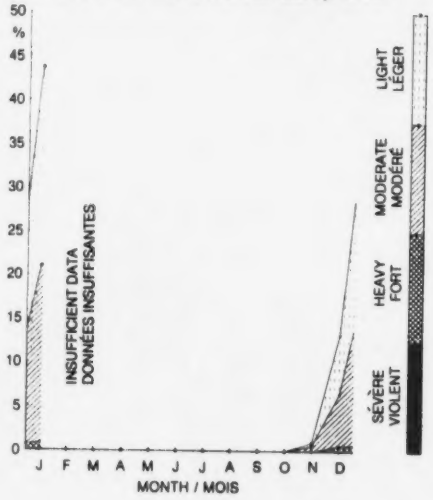
WATER TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'EAU



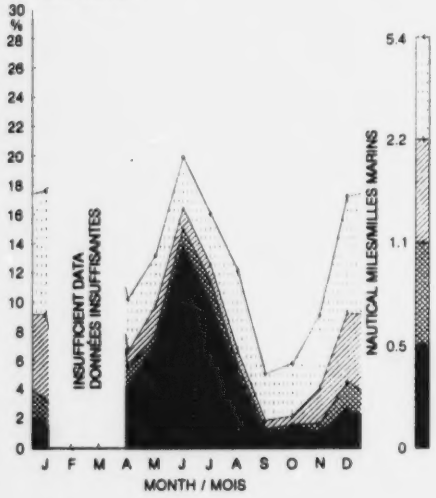
WIND CHILL
REFROIDISSEMENT ÉOLIEN



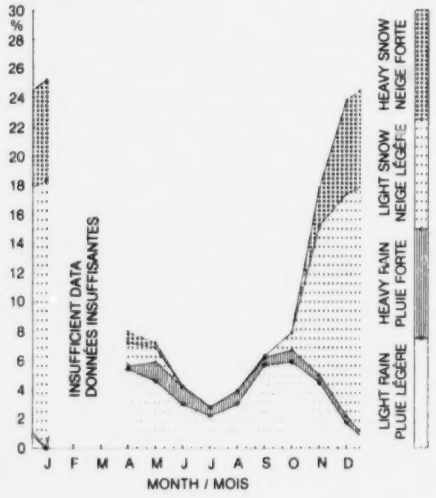
FREEZING SPRAY POTENTIAL
RISQUE D'EMBRUNS VERGLAÇANTS



VISIBILITY
VISIBILITÉ

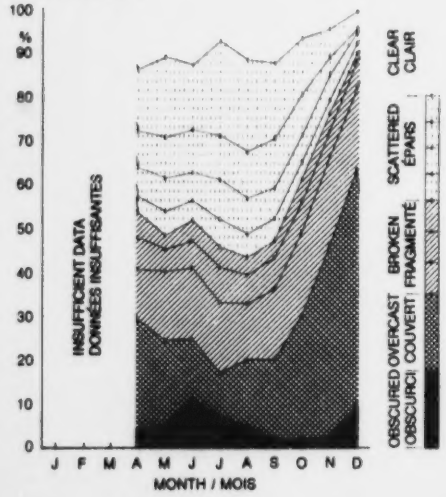


PRECIPITATION
PRÉCIPITATIONS

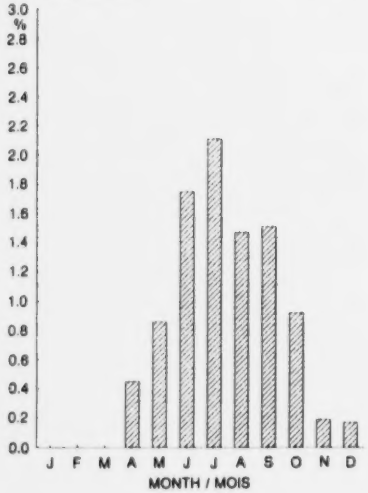


SOUTHERN LAKE SUPERIOR
LAC SUPERIEUR SUD

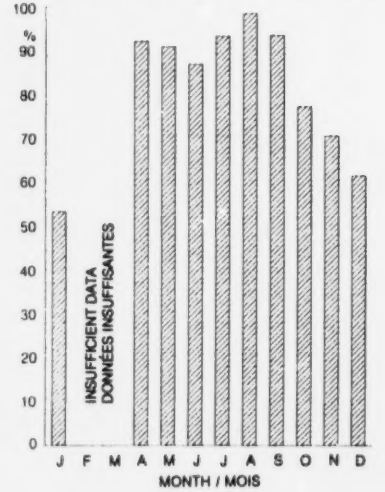
CLOUDS
NÉBULOSITÉ



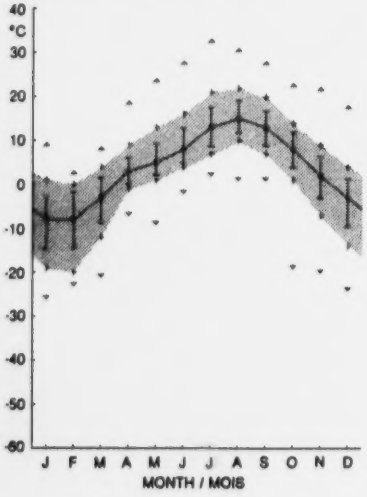
THUNDER
TONNERRE



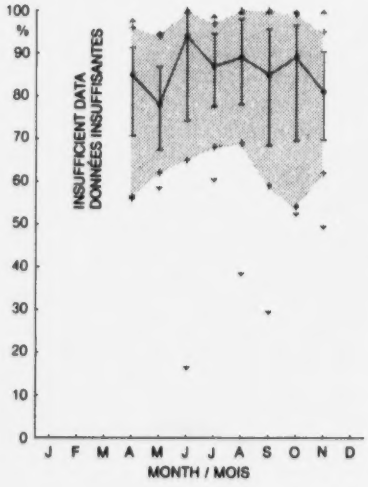
GOOD SHIPPING WEATHER
TEMPS PROPICE À LA NAVIGATION



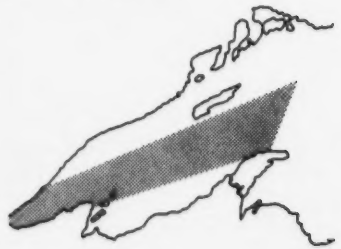
AIR TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'AIR



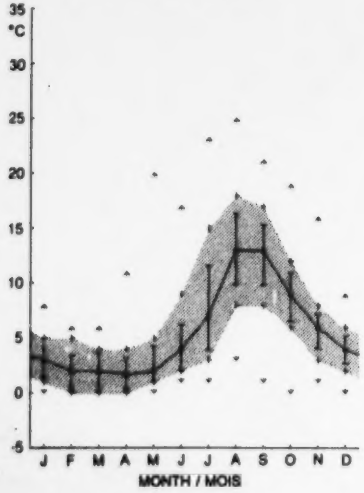
HUMIDITY
HUMIDITÉ



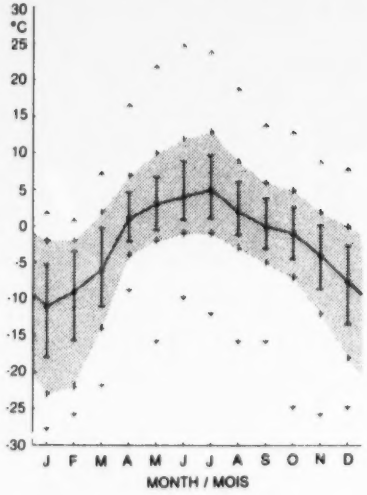
LAKE SUPERIOR SHIPPING ROUTE
(WEST)
CORRIDOR DE NAVIGATION - LAC
SUPÉRIEUR (OUEST)



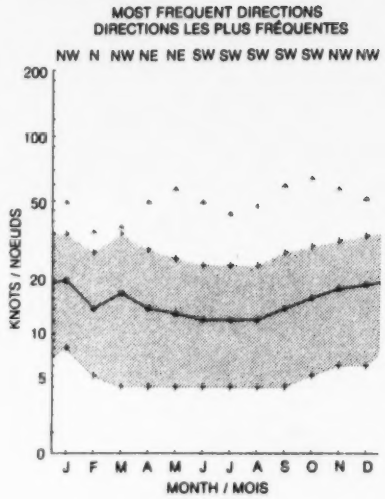
WATER TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'EAU



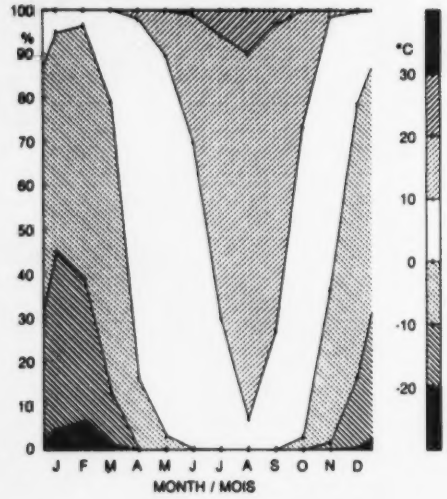
AIR-WATER TEMPERATURE
DIFFERENCE
ÉCART DE TEMPÉRATURES AIR-LAC



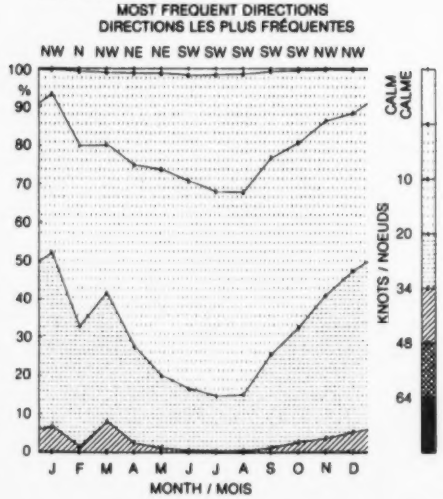
WIND SPEED
VITESSE DU VENT



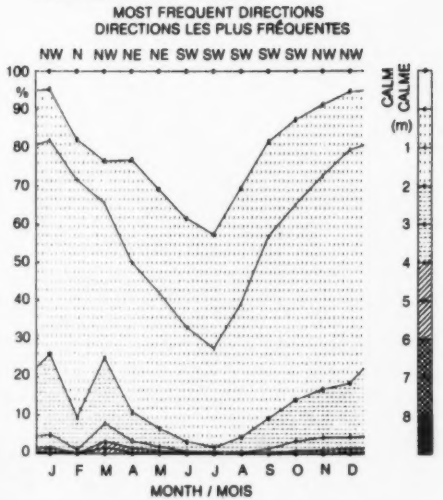
AIR TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'AIR



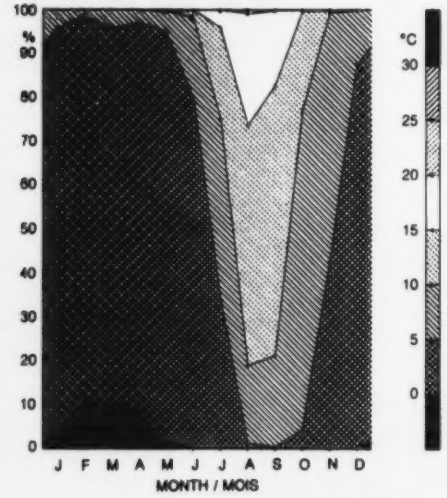
WIND SPEED
VITESSE DU VENT



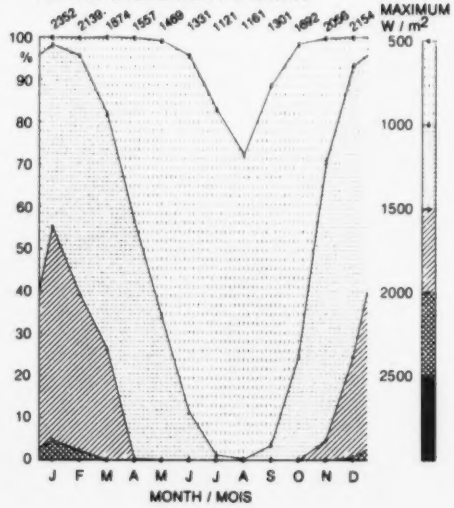
WAVE HEIGHT
HAUTEUR DES VAGUES



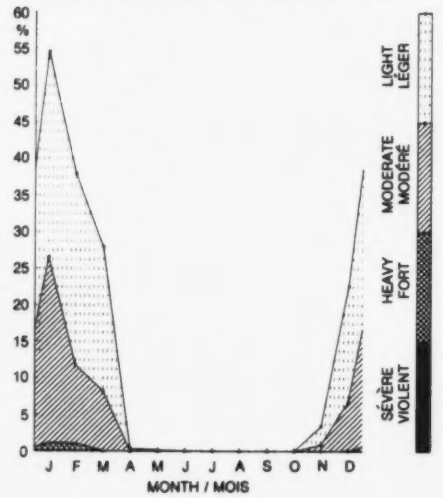
WATER TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'EAU



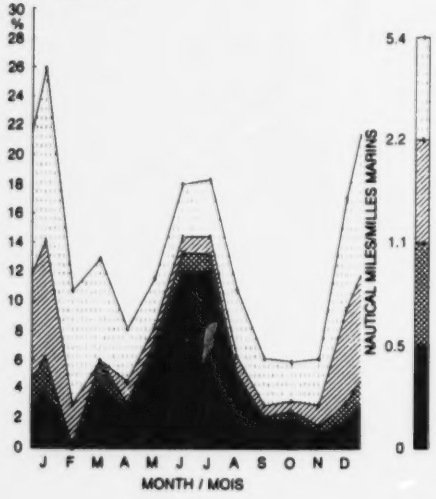
WIND CHILL
REFROIDISSEMENT ÉOLIEN



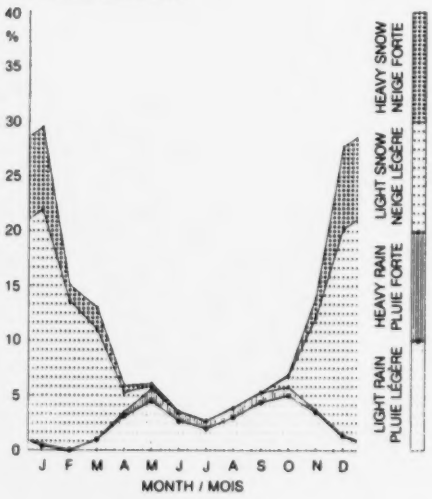
FREEZING SPRAY POTENTIAL
RISQUE D'EMBRUNS VERGLAÇANTS



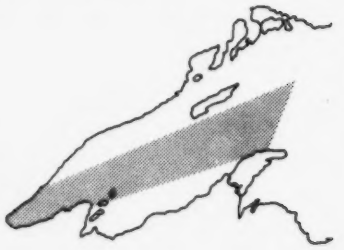
VISIBILITY
VISIBILITÉ



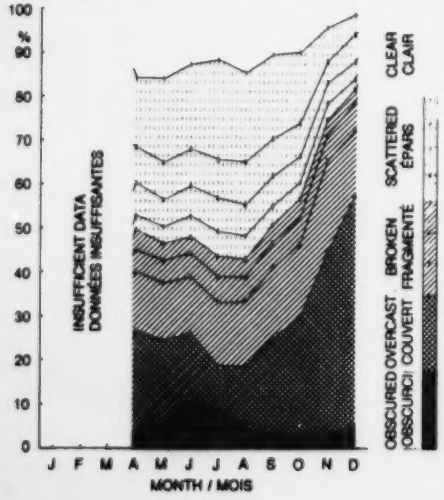
PRECIPITATION
PRÉCIPITATIONS



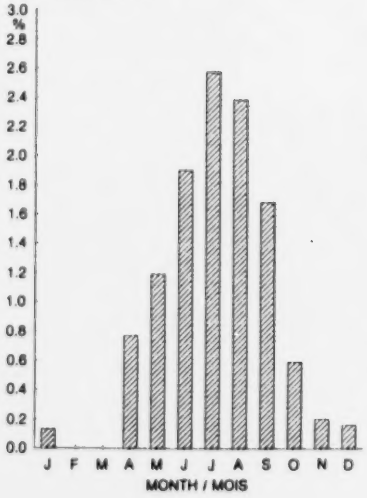
LAKE SUPERIOR SHIPPING ROUTE (WEST)
CORRIDOR DE NAVIGATION - LAC SUPÉRIEUR (OUEST)



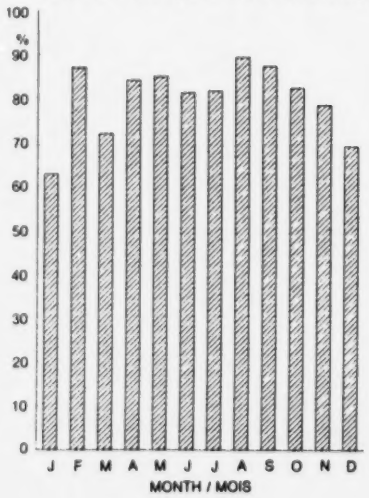
CLOUDS
NÉBULOSITÉ



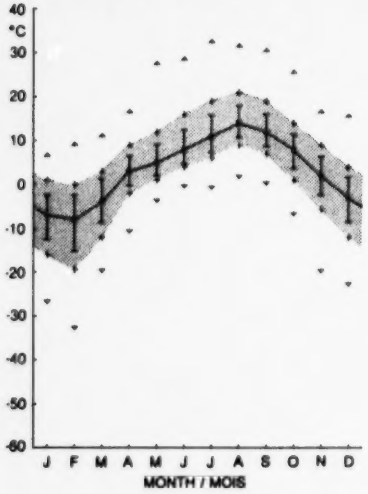
THUNDER
TONNERRE



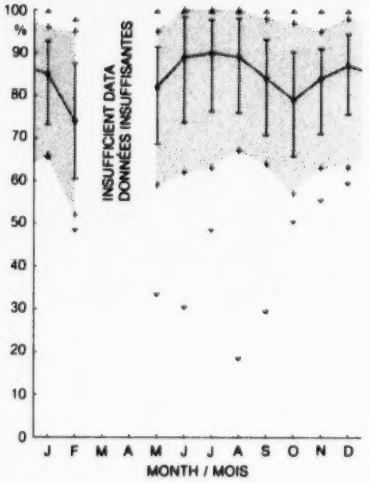
GOOD SHIPPING WEATHER
TEMPS PROPICE À LA NAVIGATION



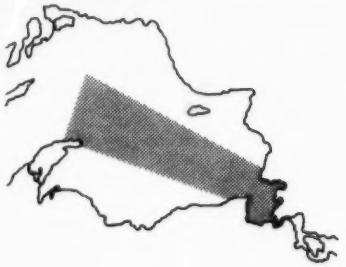
AIR TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'AIR



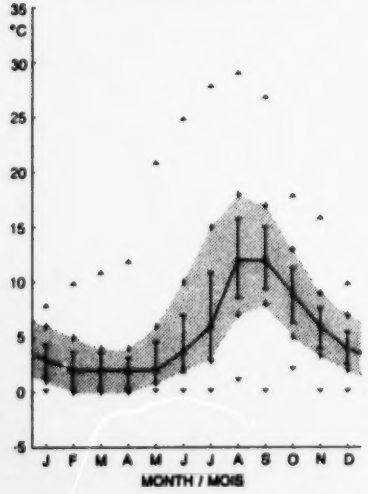
HUMIDITY
HUMIDITÉ



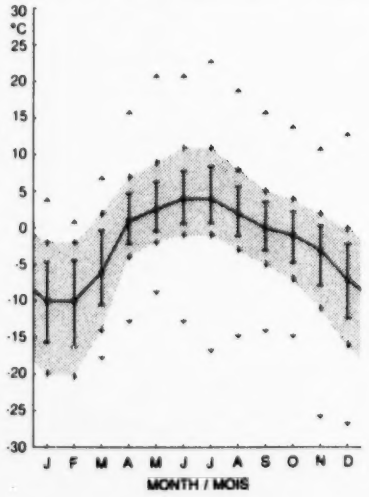
LAKE SUPERIOR SHIPPING ROUTE
(EAST)
CORRIDOR DE NAVIGATION - LAC
SUPERIEUR (EST)



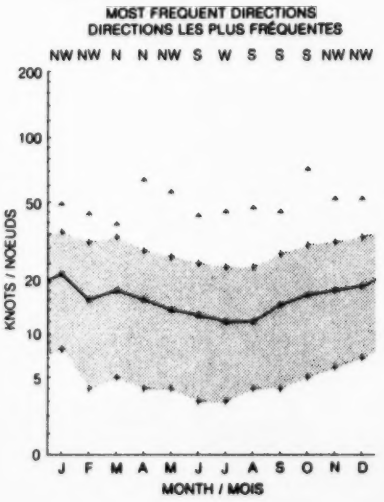
WATER TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'EAU



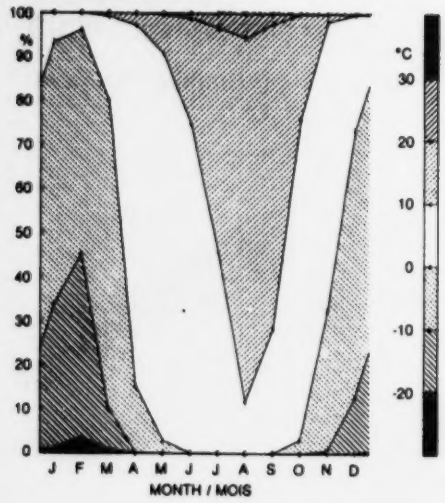
AIR-WATER TEMPERATURE
DIFFERENCE
ÉCART DE TEMPÉRATURES AIR-LAC



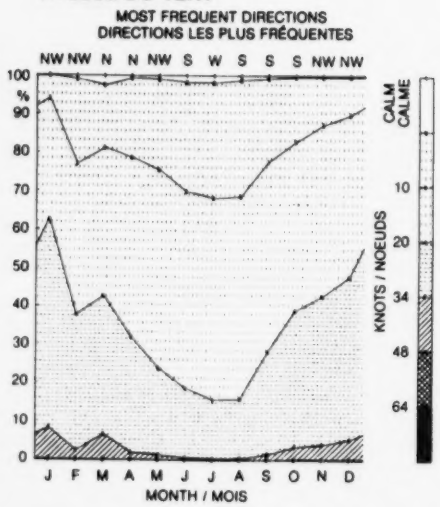
WIND SPEED
VITESSE DU VENT



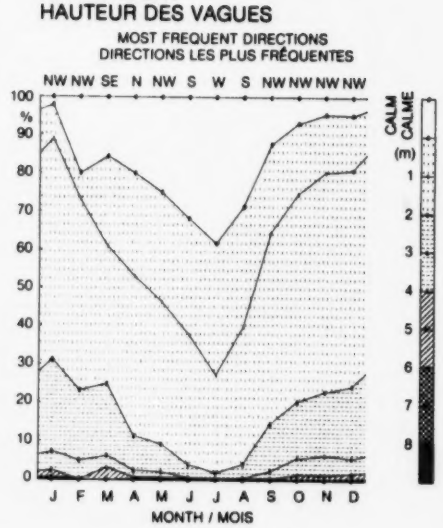
AIR TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'AIR



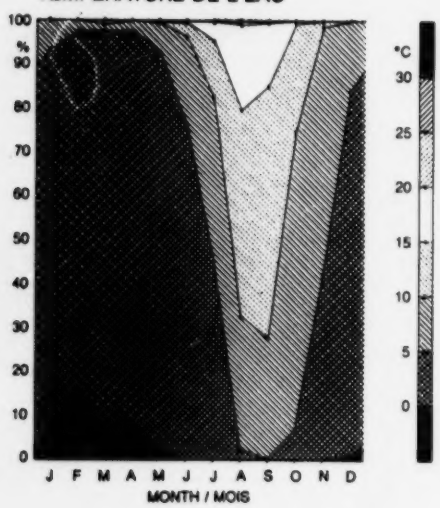
WIND SPEED
VITESSE DU VENT



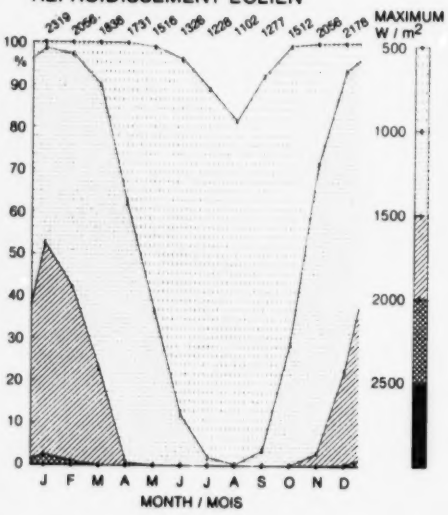
WAVE HEIGHT
HAUTEUR DES VAGUES



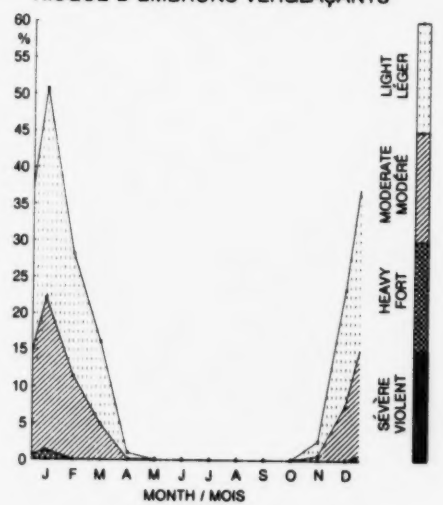
WATER TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'EAU



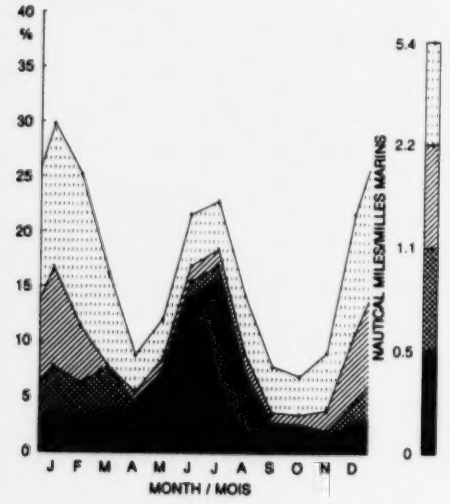
WIND CHILL
REFROIDISSEMENT ÉOLIEN



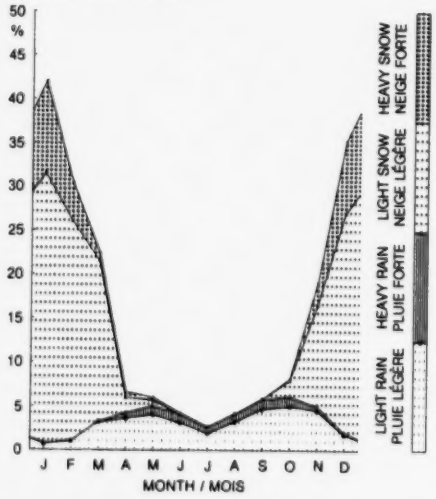
FREEZING SPRAY POTENTIAL
RISQUE D'EMBRUNS VERGLAÇANTS



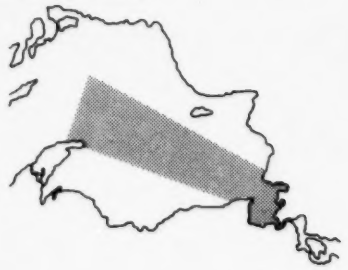
VISIBILITY
VISIBILITÉ



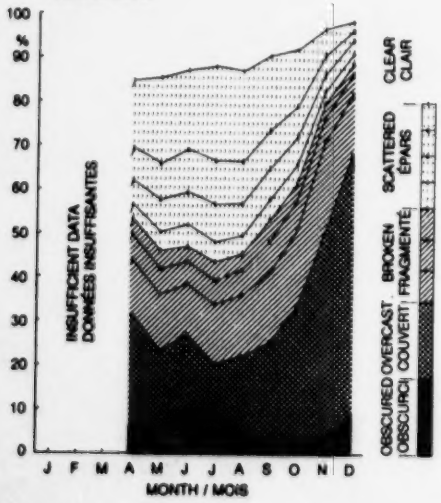
PRECIPITATION
PRÉCIPITATIONS



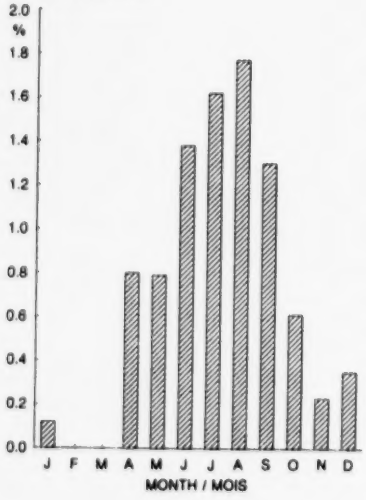
LAKE SUPERIOR SHIPPING ROUTE (EAST)
CORRIDOR DE NAVIGATION - LAC SUPÉRIEUR (EST)



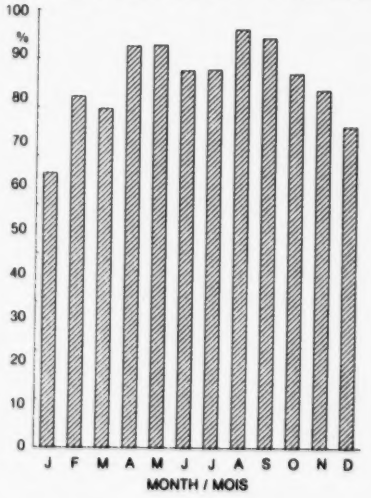
CLOUDS
NÉBULOSITÉ



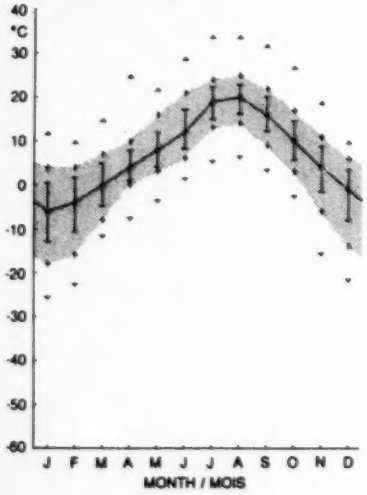
THUNDER
TONNERRE



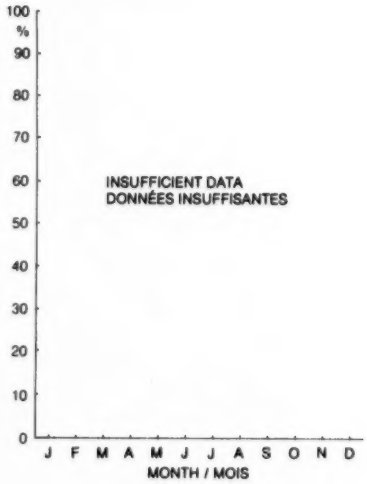
GOOD SHIPPING WEATHER
TEMPS PROPICE À LA NAVIGATION



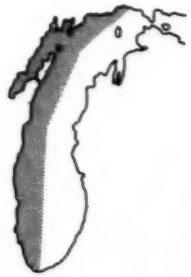
AIR TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'AIR



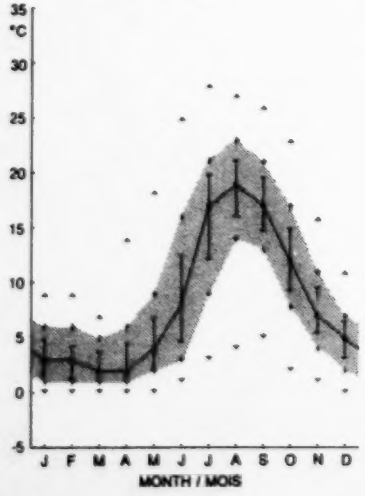
HUMIDITY
HUMIDITÉ



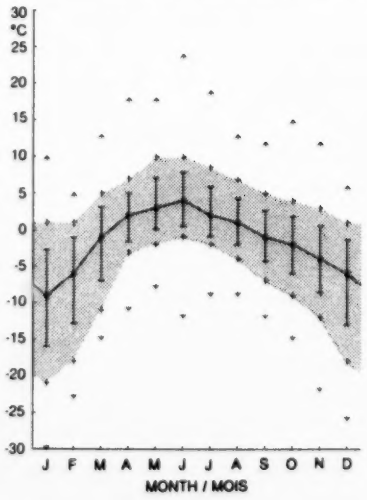
WESTERN LAKE MICHIGAN
LAC MICHIGAN OUEST



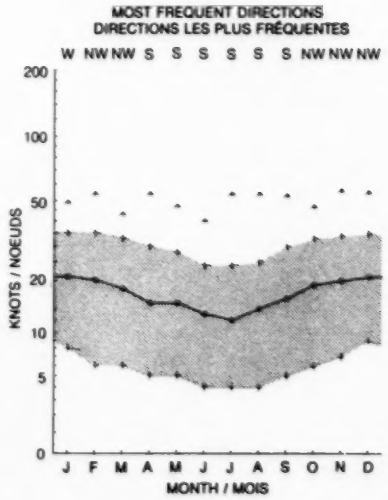
WATER TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'EAU



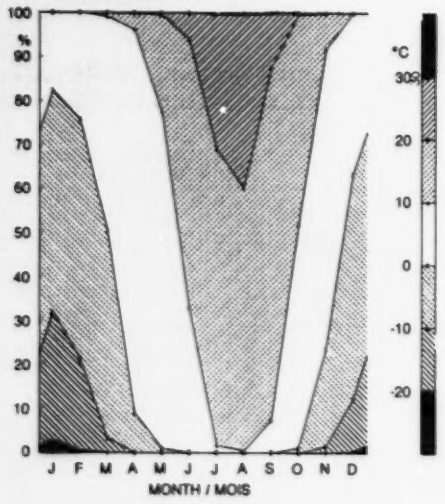
AIR-WATER TEMPERATURE
DIFFERENCE
ÉCART DE TEMPÉRATURES AIR-LAC



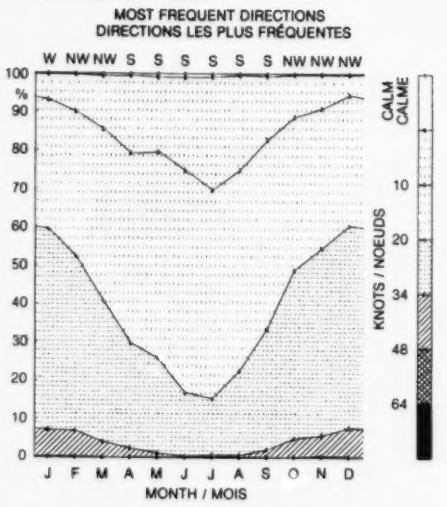
WIND SPEED
VITESSE DU VENT



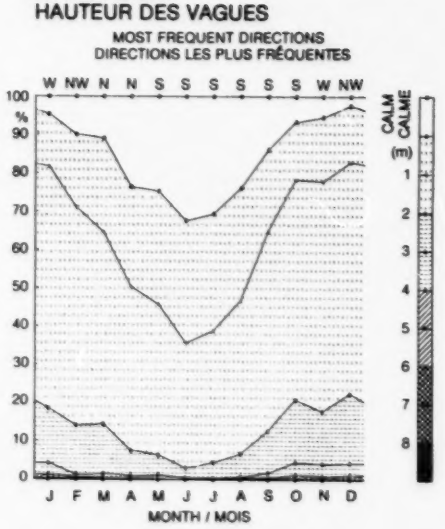
AIR TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'AIR



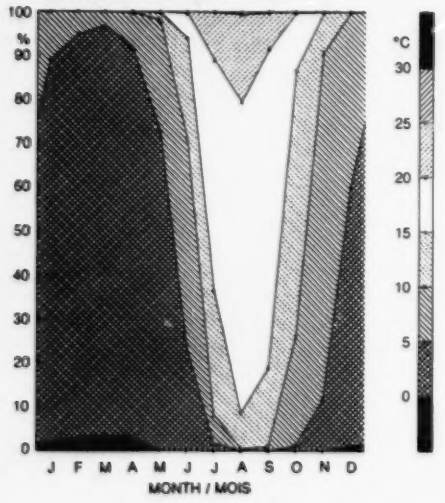
WIND SPEED
VITESSE DU VENT



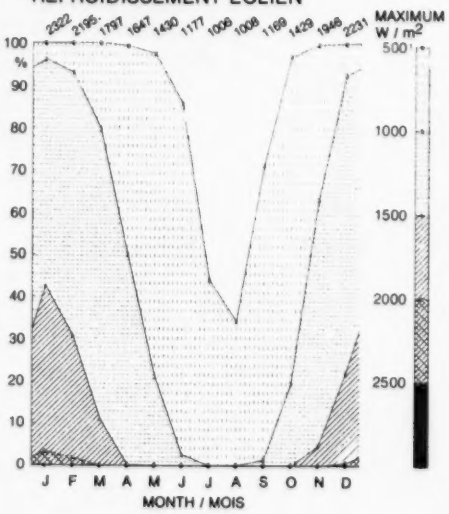
WAVE HEIGHT
HAUTEUR DES VAGUES



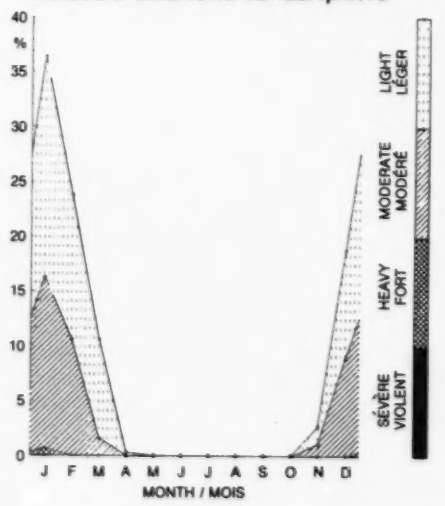
WATER TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'EAU



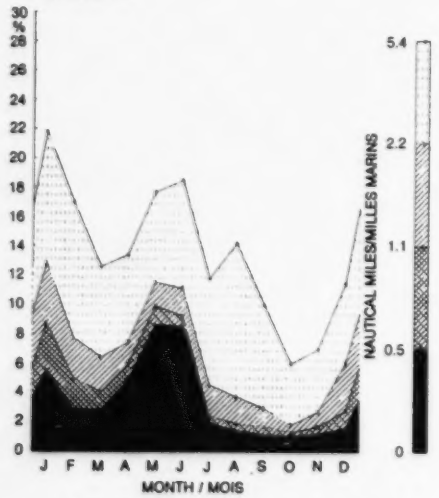
WIND CHILL
REFROIDISSEMENT ÉOLIEN



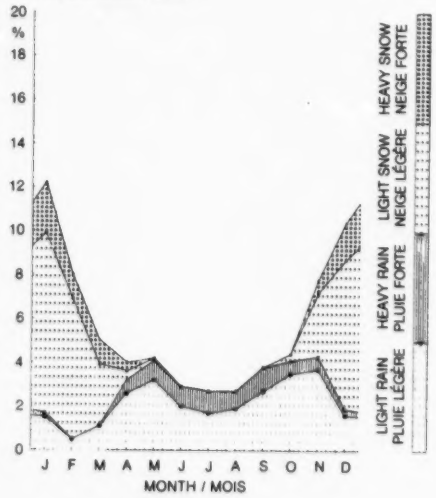
FREEZING SPRAY POTENTIAL
RISQUE D'EMBRUNS VERGLAÇANTS



VISIBILITY
VISIBILITÉ

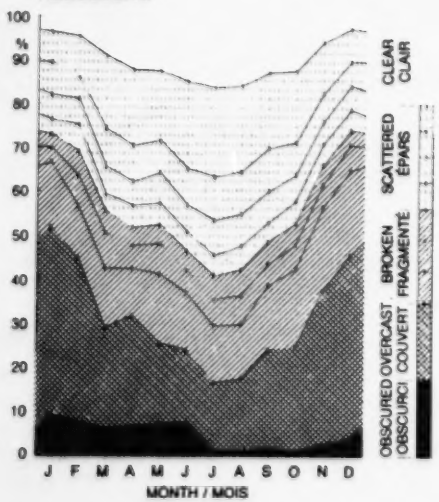


PRECIPITATION
PRÉCIPITATIONS

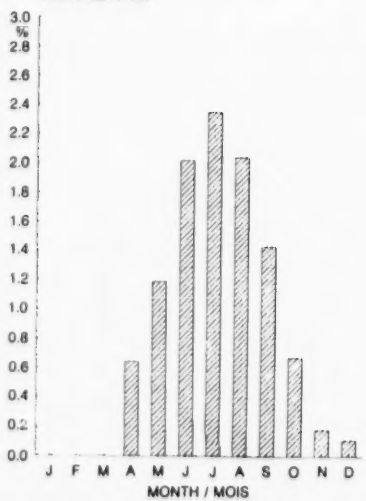


WESTERN LAKE MICHIGAN
LAC MICHIGAN OUEST

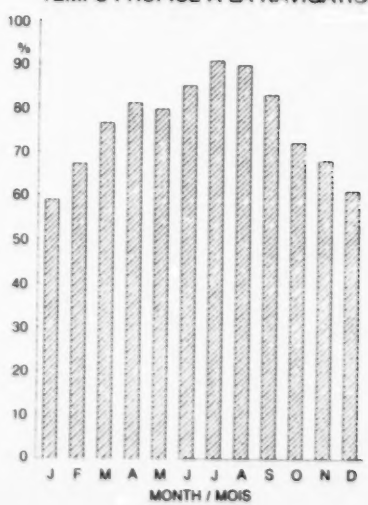
CLOUDS
NÉBULOSITÉ



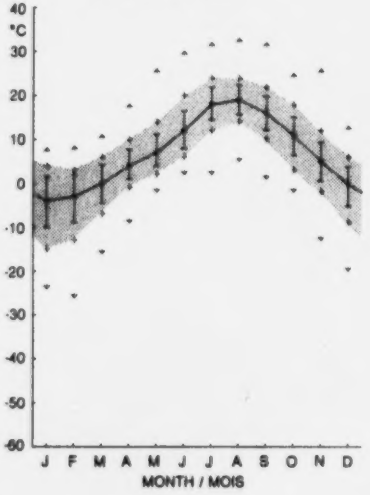
THUNDER
TONNERRE



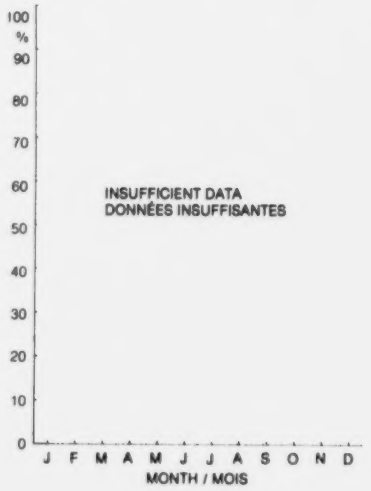
GOOD SHIPPING WEATHER
TEMPS PROPICE À LA NAVIGATION



AIR TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'AIR

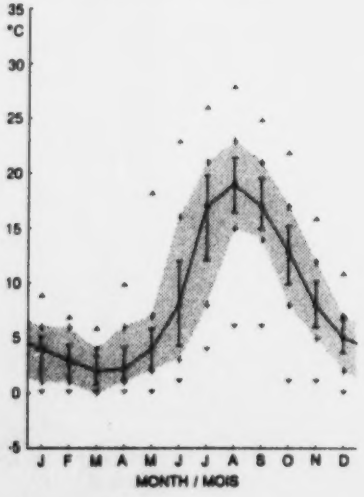


HUMIDITY
HUMIDITÉ

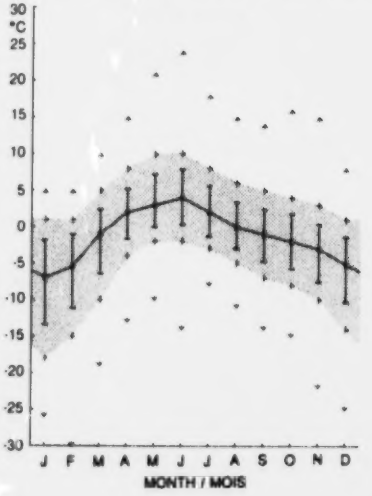


EASTERN LAKE MICHIGAN
LAC MICHIGAN EST

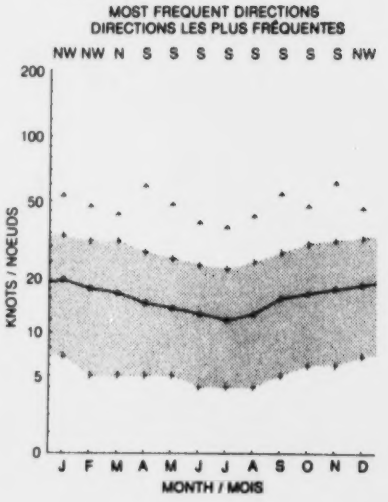
WATER TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'EAU



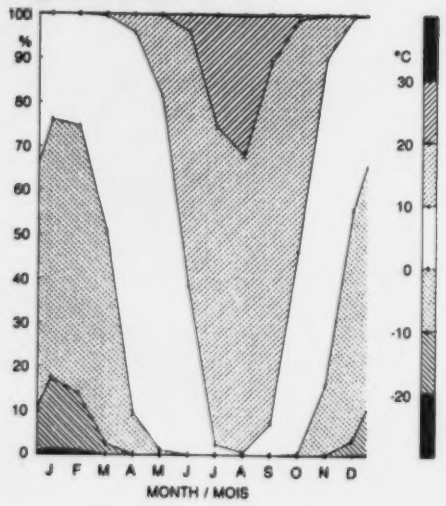
AIR-WATER TEMPERATURE
DIFFERENCE
ÉCART DE TEMPÉRATURES AIR-LAC



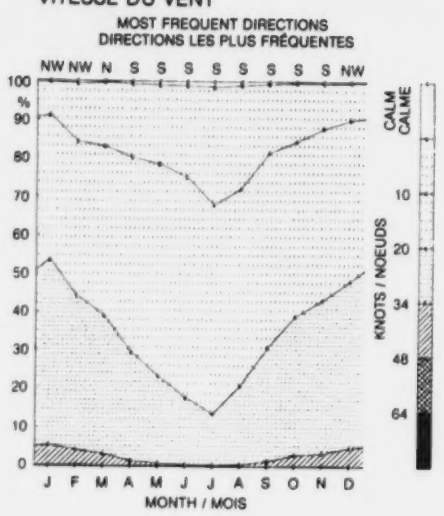
WIND SPEED
VITESSE DU VENT



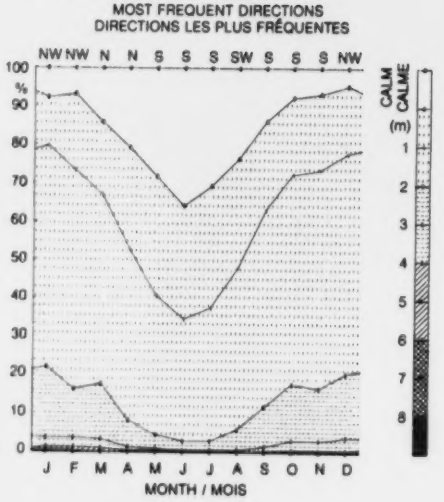
AIR TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'AIR



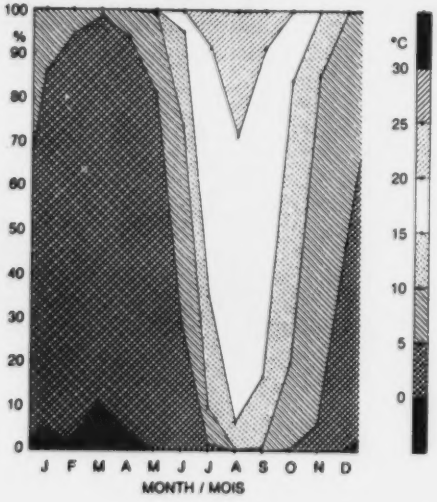
WIND SPEED
VITESSE DU VENT



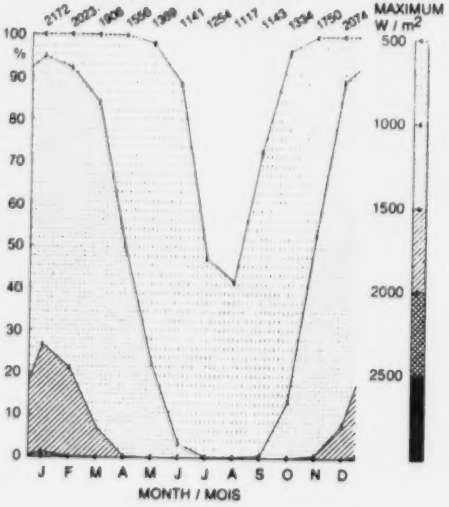
WAVE HEIGHT
HAUTEUR DES VAGUES



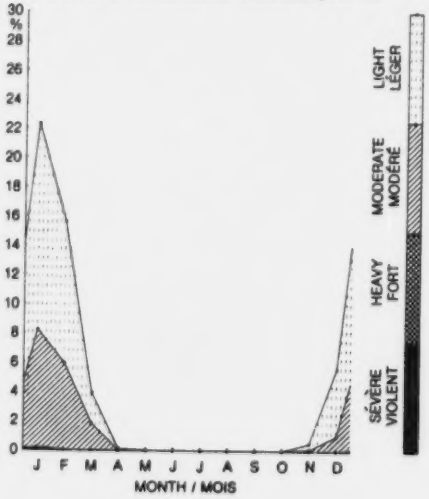
WATER TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'EAU



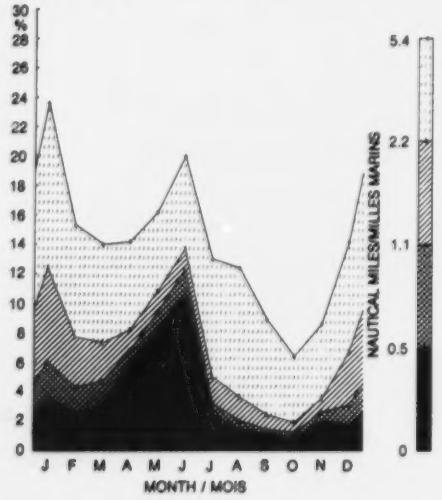
WIND CHILL
REFROIDISSEMENT ÉOLIEN



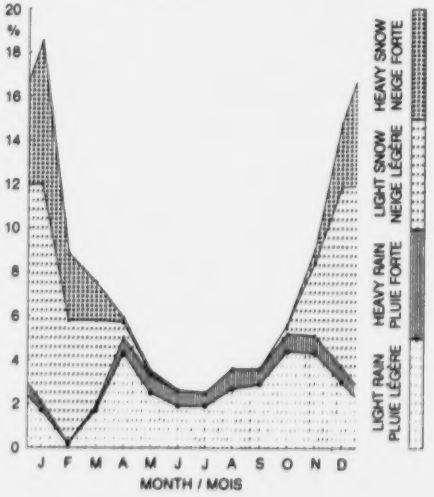
FREEZING SPRAY POTENTIAL
RISQUE D'EMBRUNS VERGLAÇANTS



VISIBILITY
VISIBILITÉ

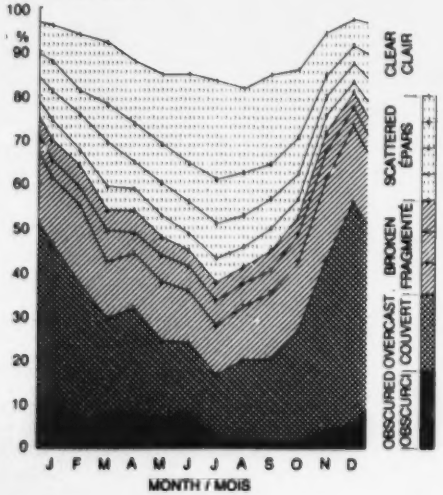


PRECIPITATION
PRÉCIPITATIONS

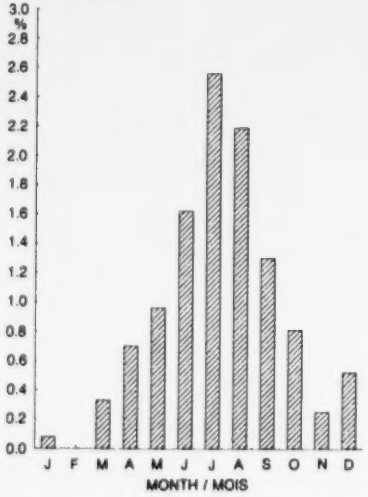


EASTERN LAKE MICHIGAN
LAC MICHIGAN EST

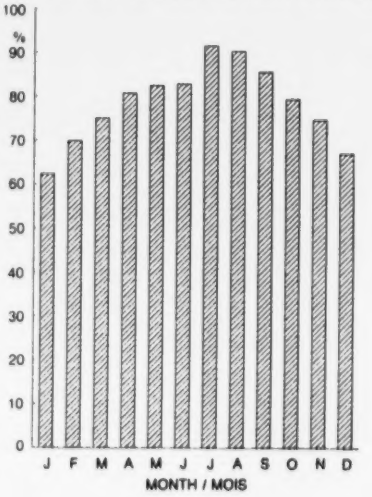
CLOUDS
NÉBULOSITÉ



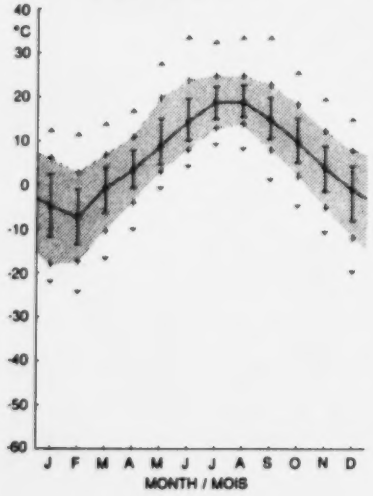
THUNDER
TONNERRE



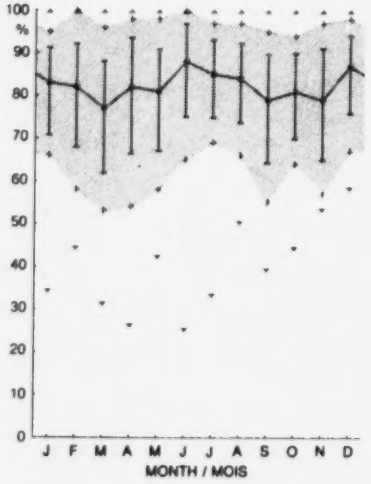
GOOD SHIPPING WEATHER
TEMPS PROPICE À LA NAVIGATION



AIR TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'AIR

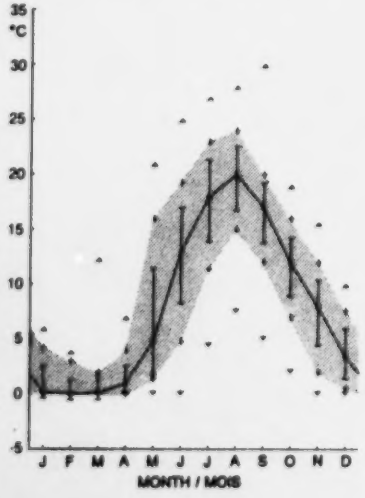


HUMIDITY
HUMIDITÉ

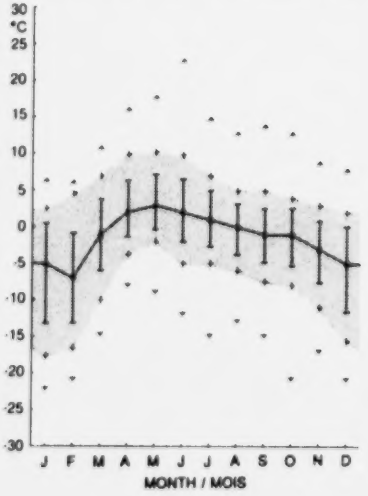


GEORGIAN BAY - NORTH CHANNEL
BAIE GEORGIENNE - CHENAL NORD

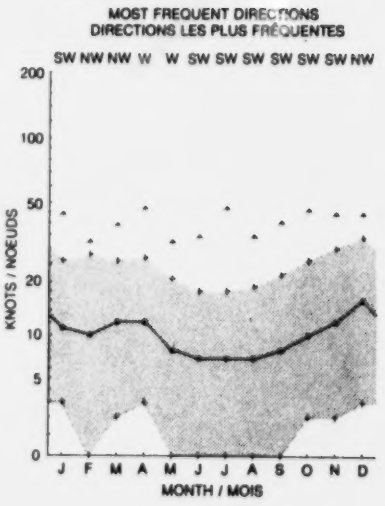
WATER TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'EAU



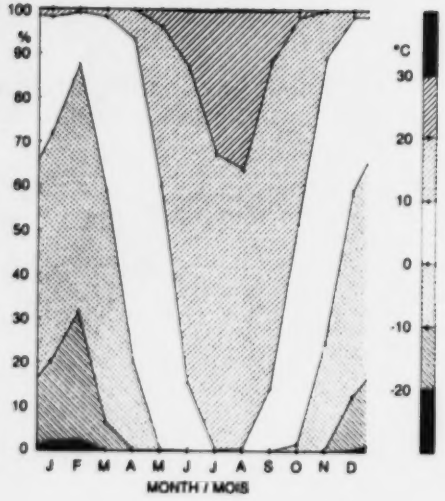
AIR-WATER TEMPERATURE
DIFFERENCE
ÉCART DE TEMPÉRATURES AIR-LAC



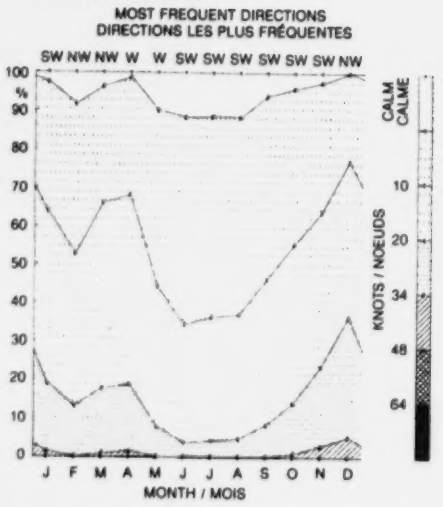
WIND SPEED
VITESSE DU VENT



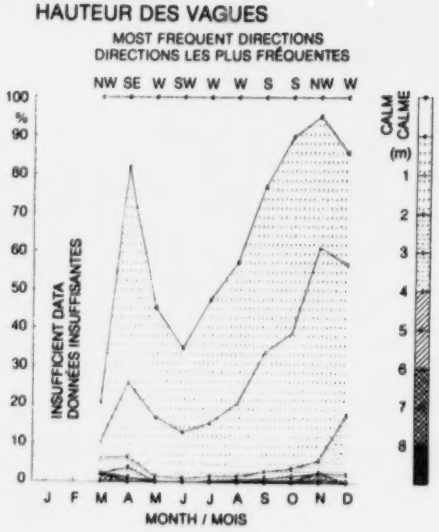
AIR TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'AIR



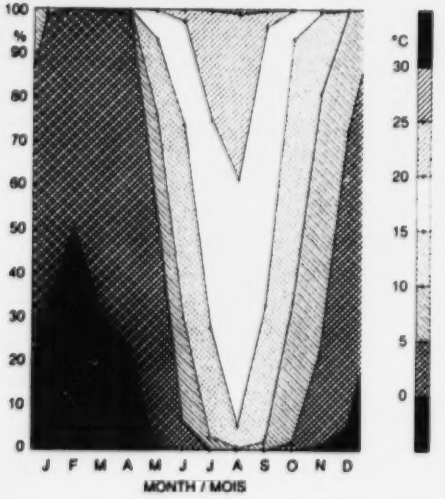
WIND SPEED
VITESSE DU VENT



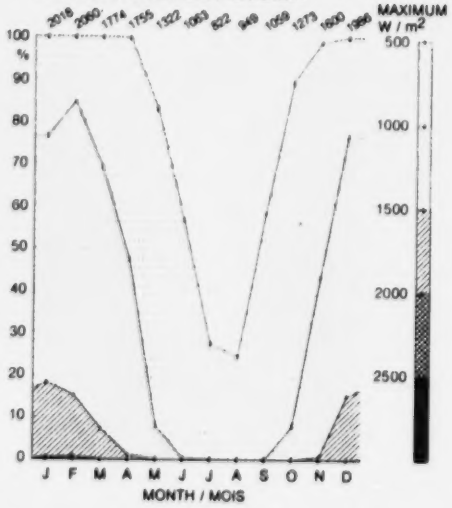
WAVE HEIGHT
HAUTEUR DES VAGUES



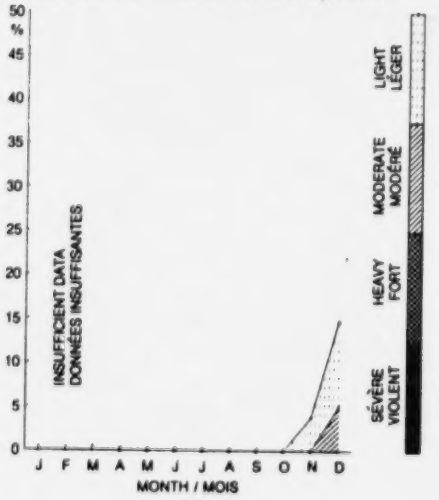
WATER TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'EAU



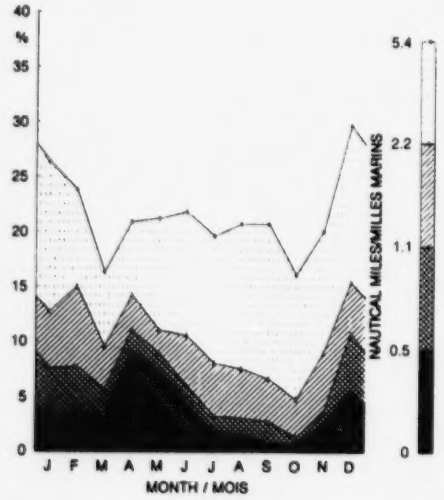
WIND CHILL
REFROIDISSEMENT ÉOLIEN



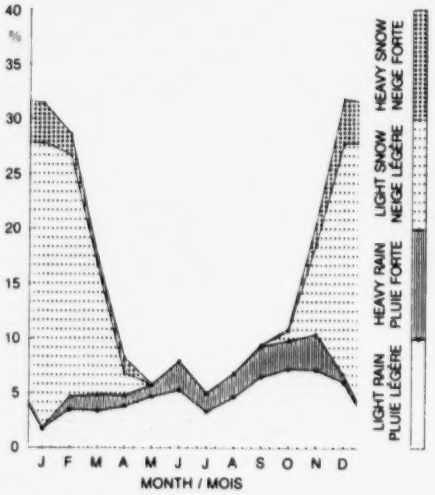
FREEZING SPRAY POTENTIAL
RISQUE D'EMBRUNS VERGLAÇANTS



VISIBILITY
VISIBILITÉ

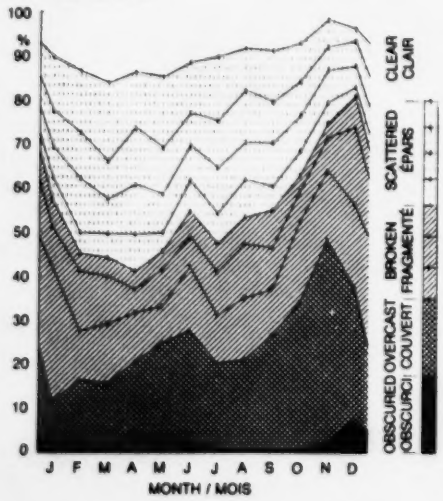


PRECIPITATION
PRÉCIPITATIONS

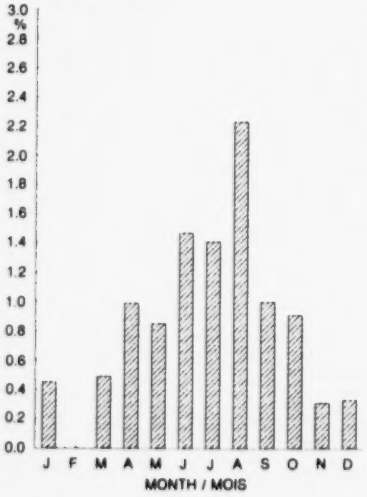


GEORGIAN BAY - NORTH CHANNEL
BAIE GEORGIENNE - CHENAL NORD

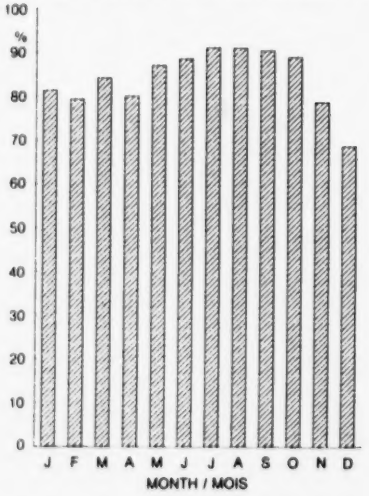
CLOUDS
NÉBULOSITÉ



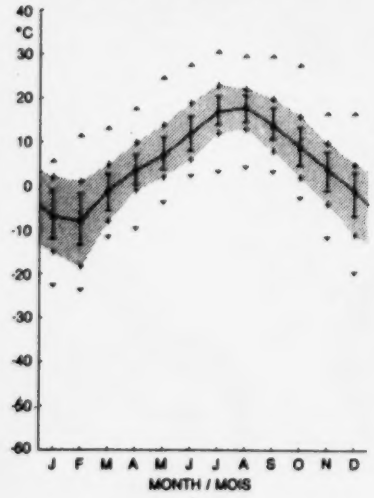
THUNDER
TONNERRE



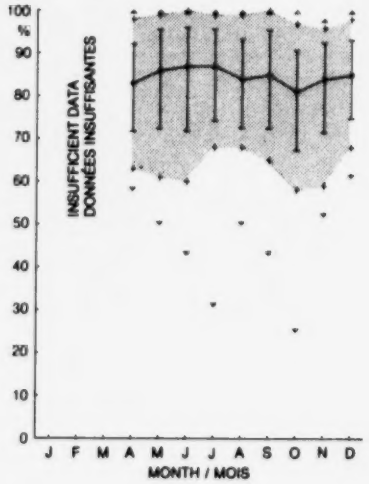
GOOD SHIPPING WEATHER
TEMPS PROPICE À LA NAVIGATION



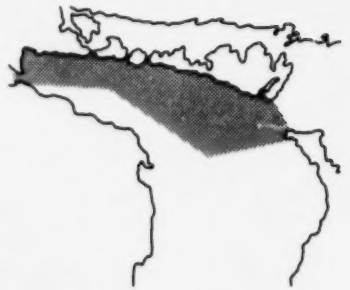
AIR TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'AIR



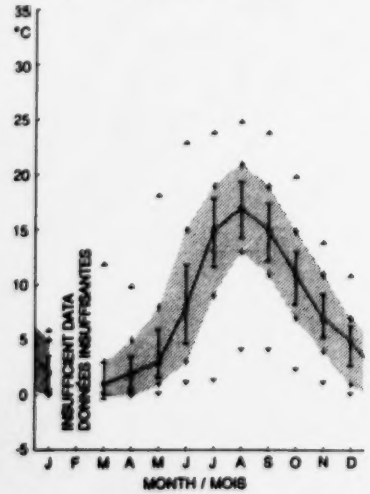
HUMIDITY
HUMIDITÉ



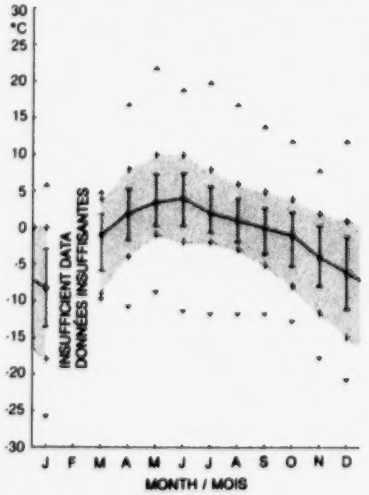
NORTHERN LAKE HURON
LAC HURON NORD



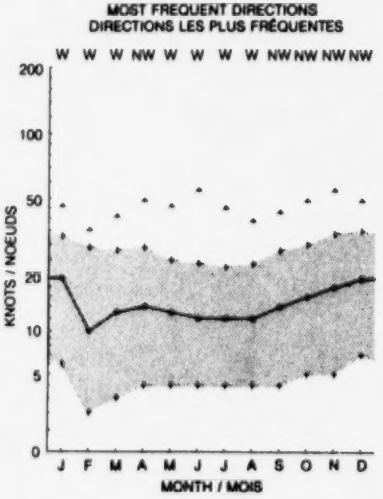
WATER TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'EAU



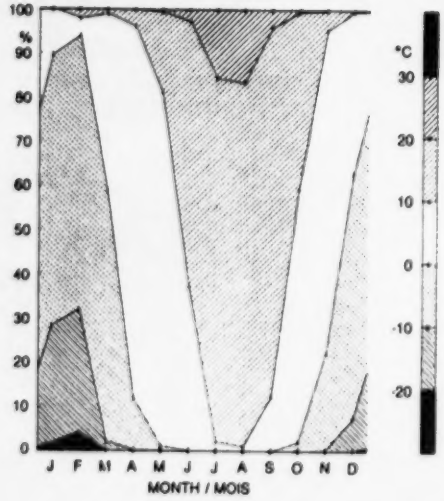
AIR-WATER TEMPERATURE
DIFFERENCE
ÉCART DE TEMPÉRATURES AIR-LAC



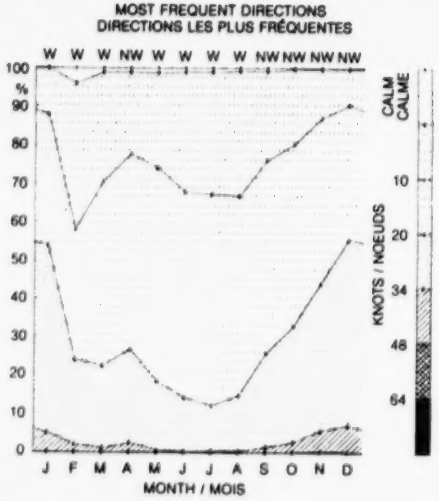
WIND SPEED
VITESSE DU VENT



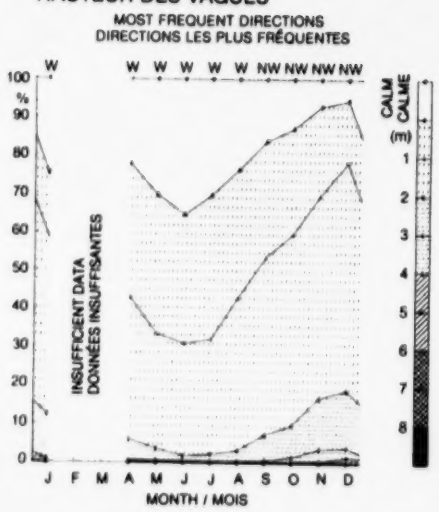
AIR TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'AIR



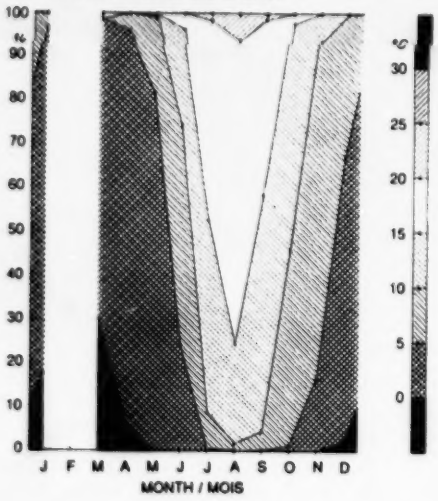
WIND SPEED
VITESSE DU VENT



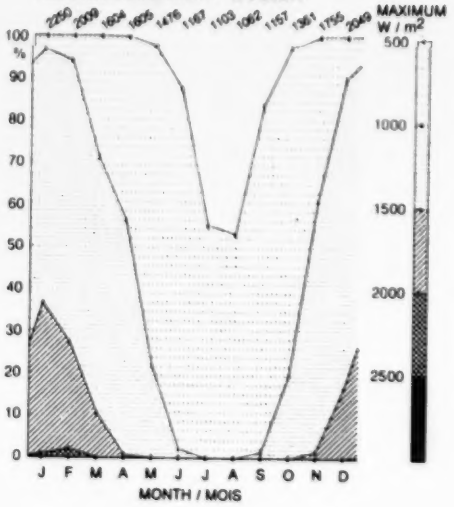
WAVE HEIGHT
HAUTEUR DES VAGUES



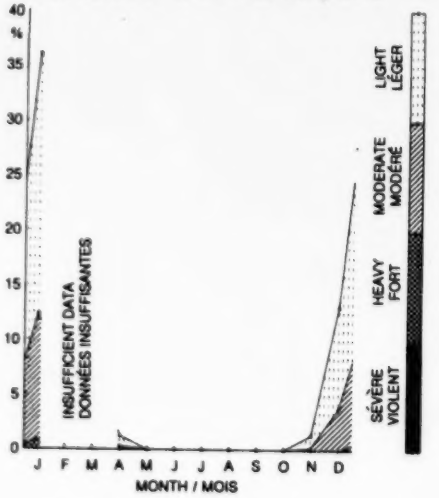
WATER TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'EAU



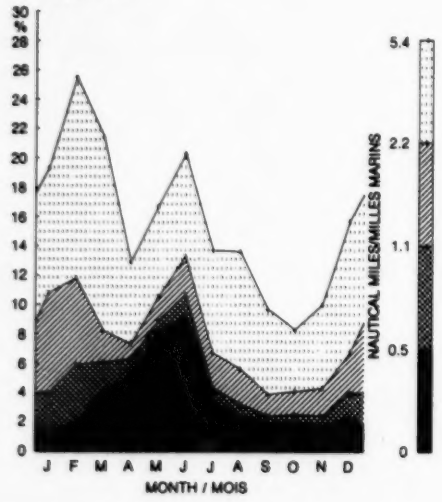
WIND CHILL
REFROIDISSEMENT ÉOLIEN



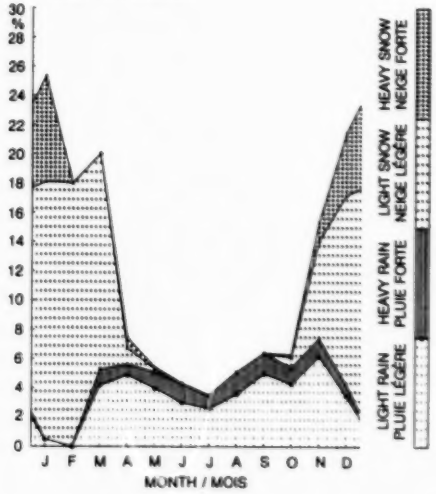
FREEZING SPRAY POTENTIAL
RISQUE D'EMBRUNS VERGLAÇANTS



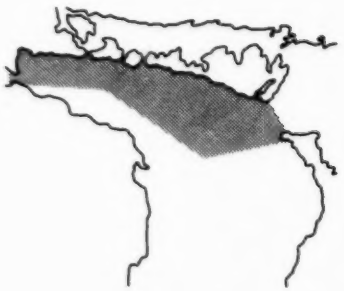
VISIBILITY
VISIBILITÉ



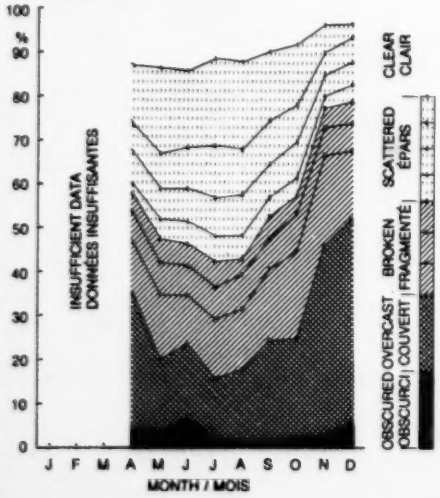
PRECIPITATION
PRÉCIPITATIONS



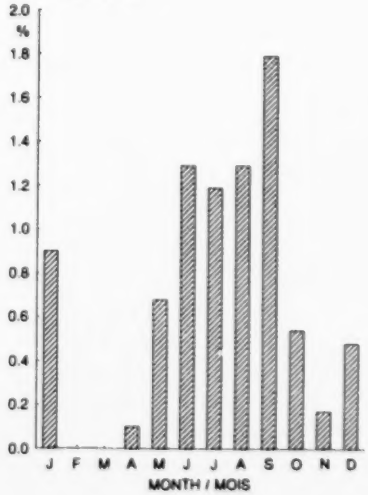
NORTHERN LAKE HURON
LAC HURON NORD



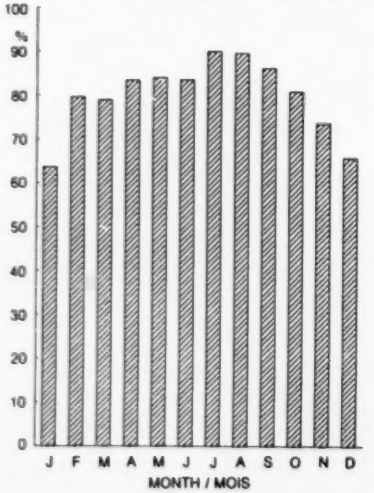
CLOUDS
NÉBULOSITÉ



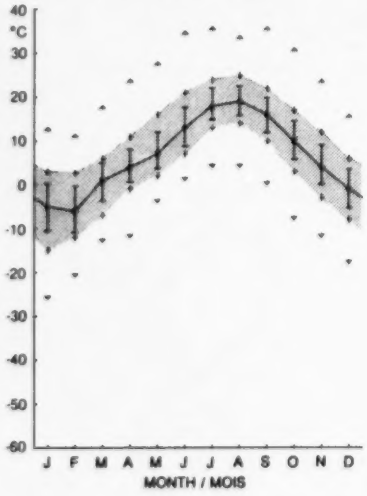
THUNDER
TONNERRE



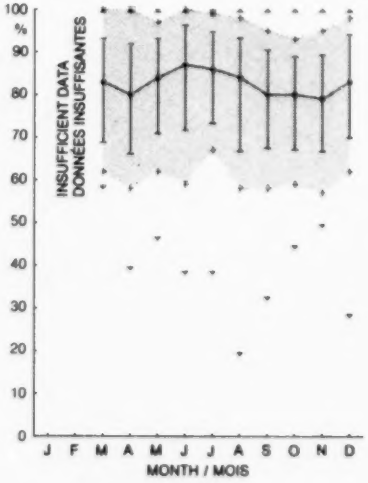
GOOD SHIPPING WEATHER
TEMPS PROPICE À LA NAVIGATION



AIR TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'AIR

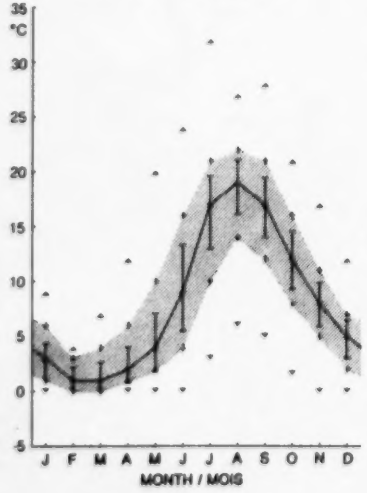


HUMIDITY
HUMIDITÉ

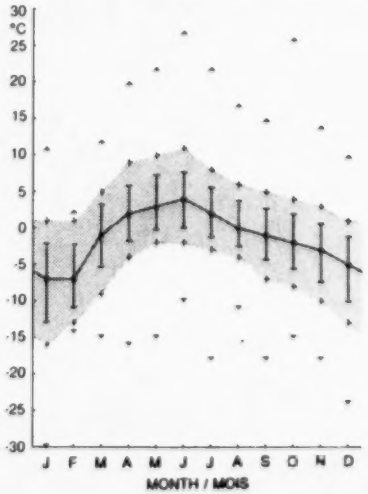


WESTERN LAKE HURON
LAC HURON OUEST

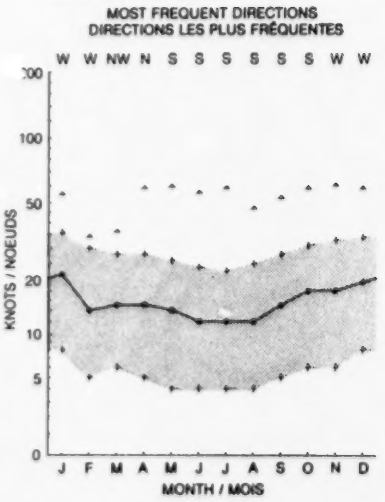
WATER TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'EAU



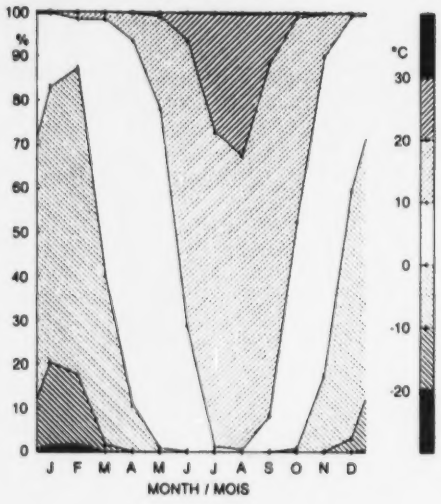
AIR-WATER TEMPERATURE
DIFFERENCE
ÉCART DE TEMPÉRATURES AIR-LAC



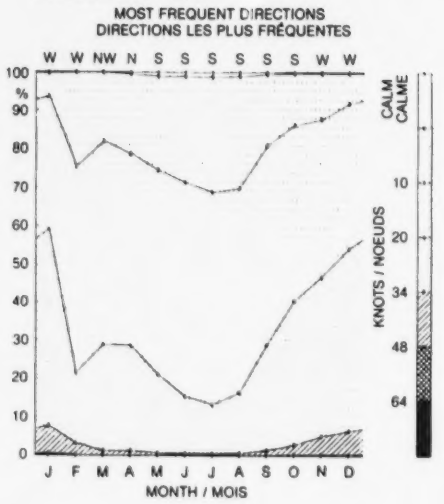
WIND SPEED
VITESSE DU VENT



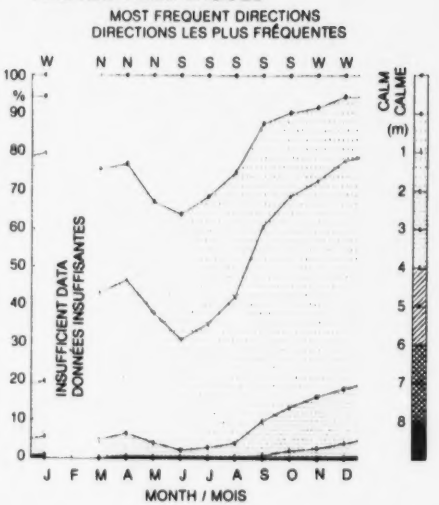
AIR TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'AIR



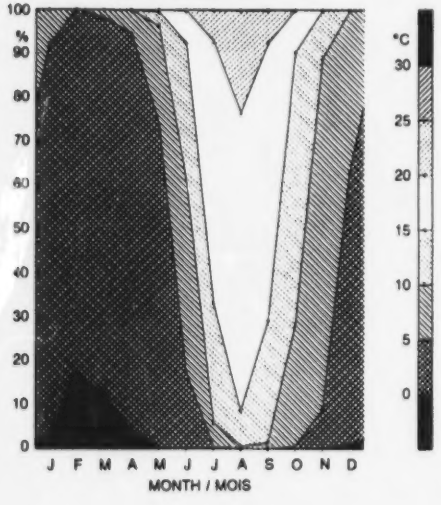
WIND SPEED
VITESSE DU VENT



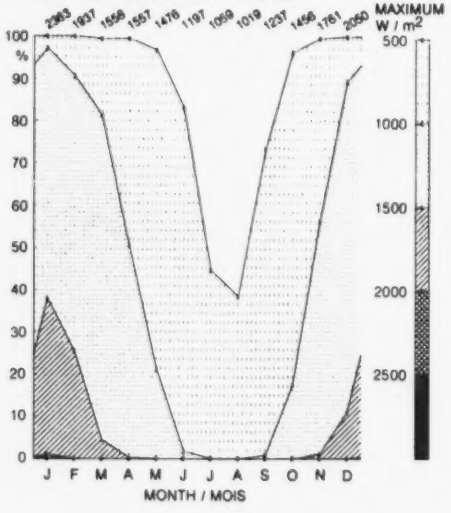
WAVE HEIGHT
HAUTEUR DES VAGUES



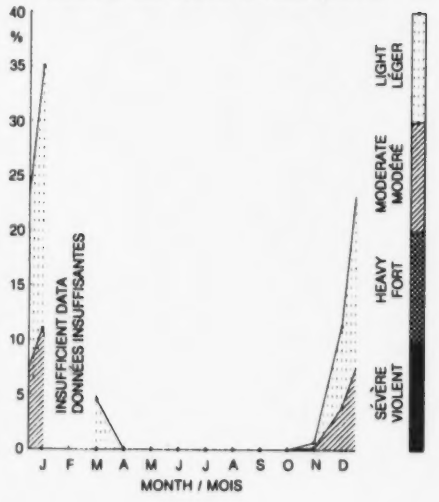
WATER TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'EAU



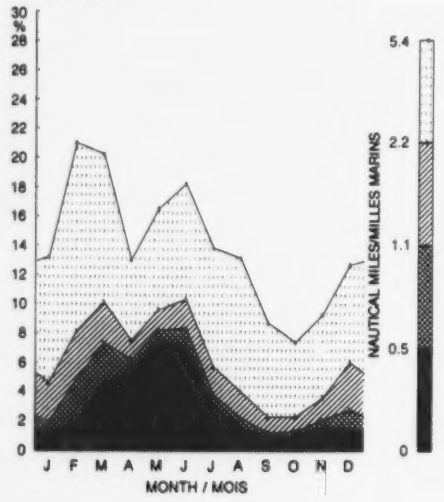
WIND CHILL
REFROIDISSEMENT ÉOLIEN



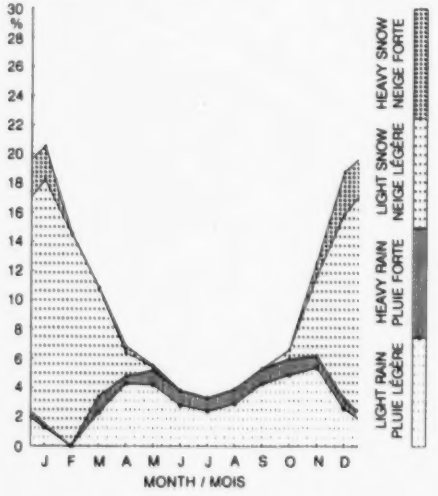
FREEZING SPRAY POTENTIAL
RISQUE D'EMBRUNS VERGLAÇANTS



VISIBILITY
VISIBILITÉ

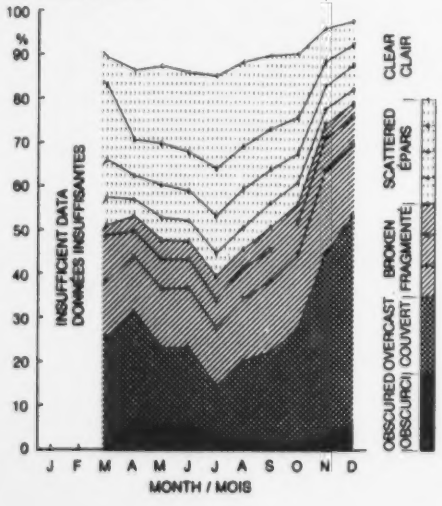


PRECIPITATION
PRÉCIPITATIONS

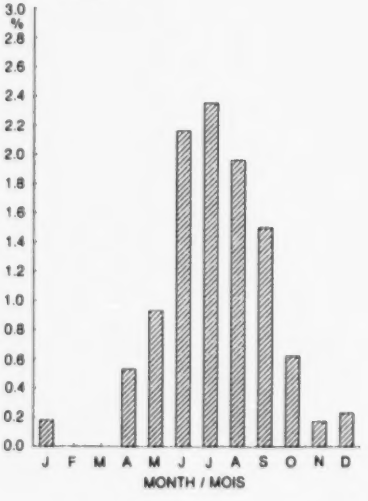


WESTERN LAKE HURON
LAC HURON OUEST

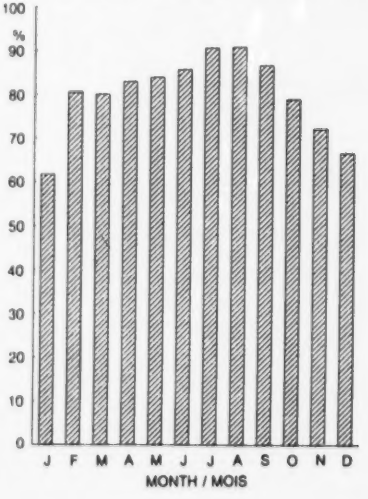
CLOUDS
NÉBULOSITÉ



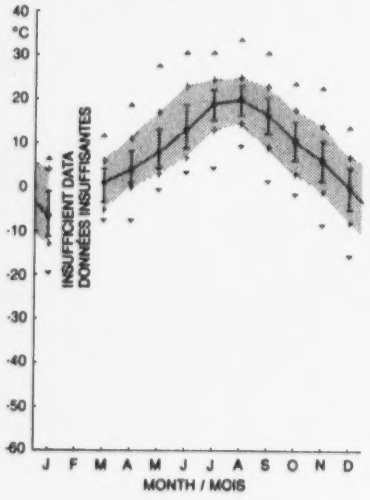
THUNDER
TONNERRE



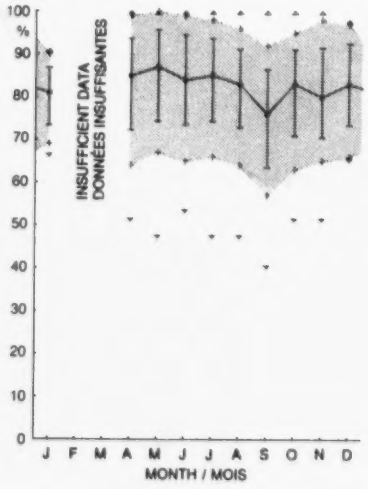
GOOD SHIPPING WEATHER
TEMPS PROPICE À LA NAVIGATION



AIR TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'AIR

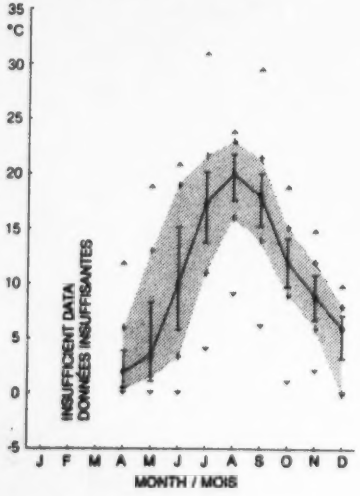


HUMIDITY
HUMIDITÉ

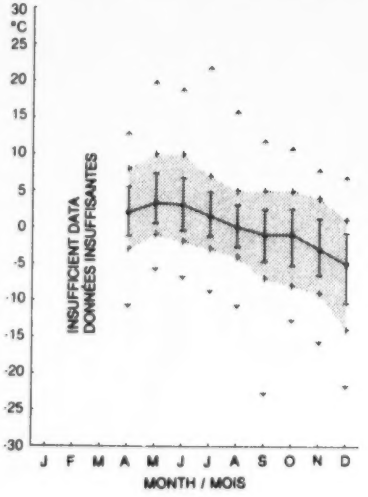


EASTERN LAKE HURON
LAC HURON EST

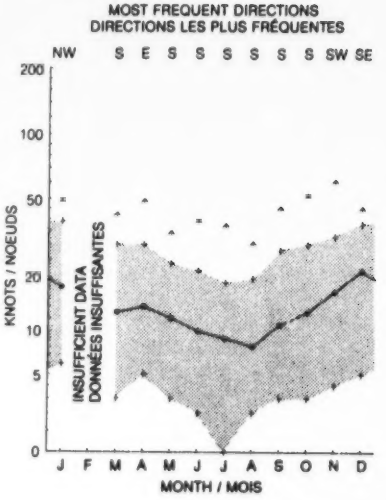
WATER TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'EAU



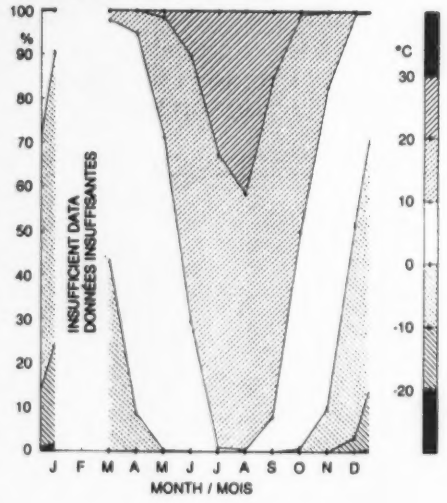
AIR-WATER TEMPERATURE
DIFFERENCE
ÉCART DE TEMPÉRATURES AIR-LAC



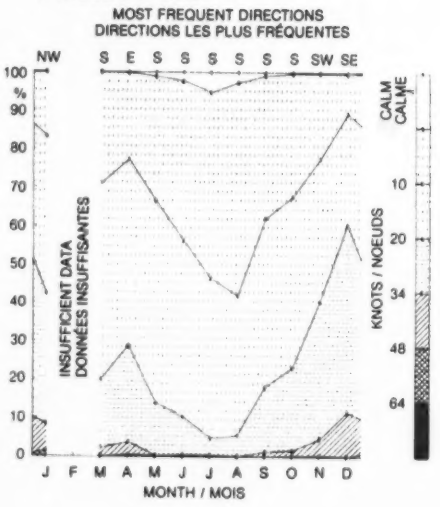
WIND SPEED
VITESSE DU VENT



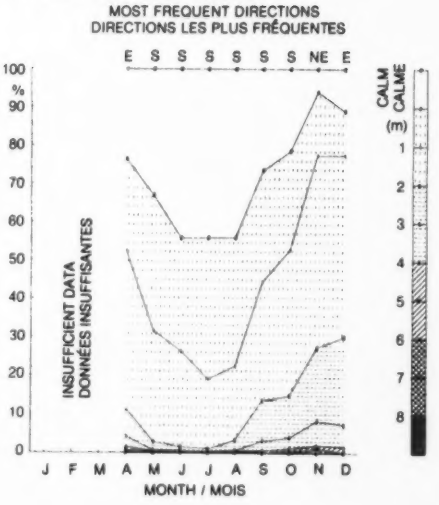
AIR TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'AIR



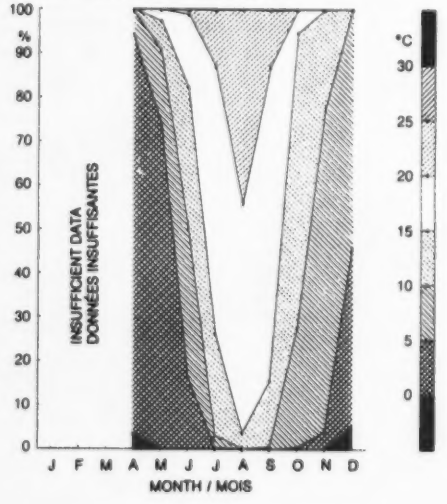
WIND SPEED
VITESSE DU VENT



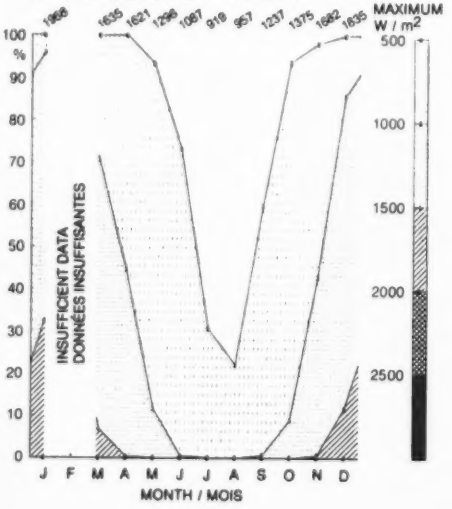
WAVE HEIGHT
HAUTEUR DES VAGUES



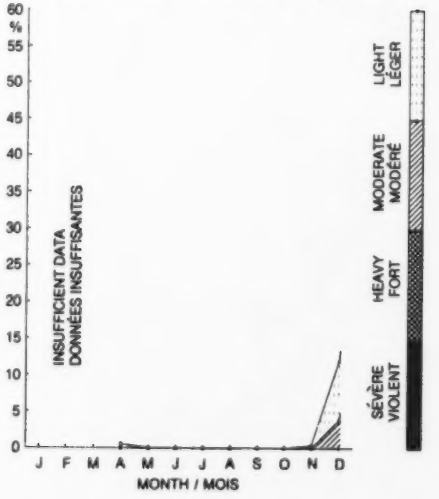
WATER TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'EAU



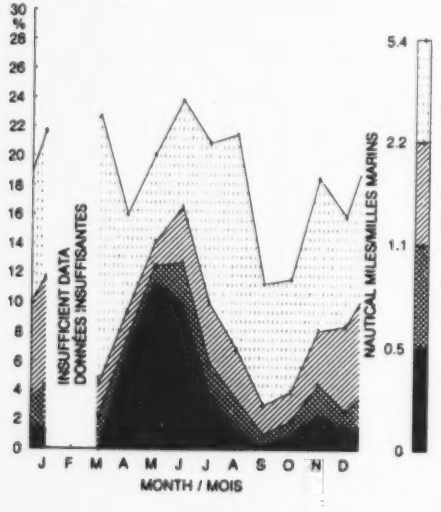
WIND CHILL
REFROIDISSEMENT ÉOLIEN



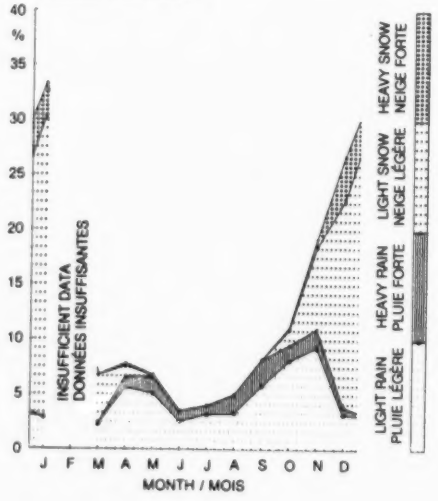
FREEZING SPRAY POTENTIAL
RISQUE D'EMBRUNS VERGLAÇANTS



VISIBILITY
VISIBILITÉ

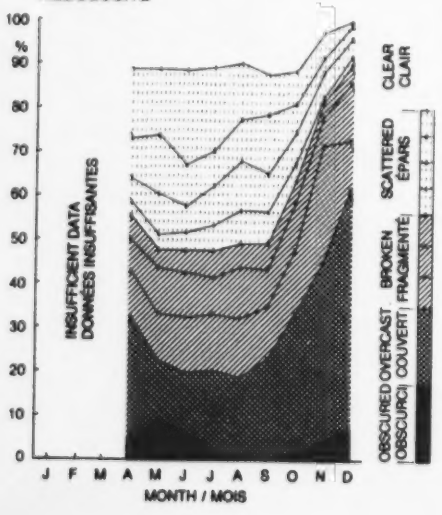


PRECIPITATION
PRÉCIPITATIONS

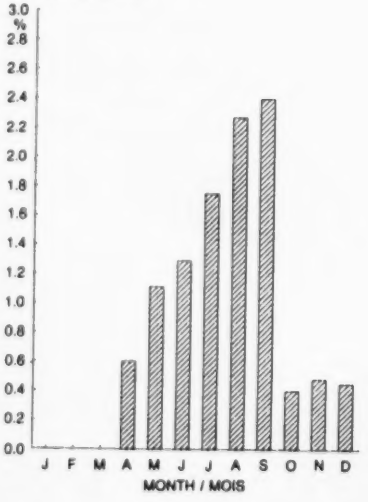


EASTERN LAKE HURON
LAC HURON EST

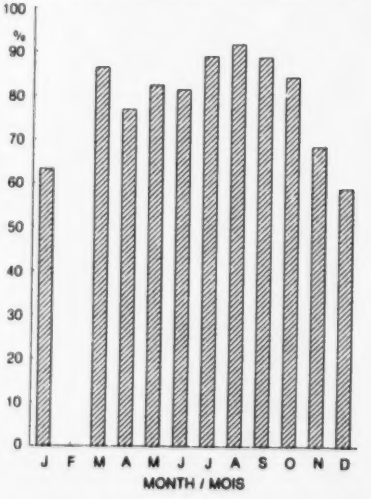
CLOUDS
NÉBULOSITÉ



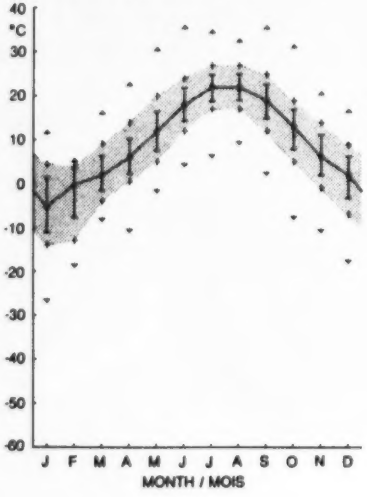
THUNDER
TONNERRE



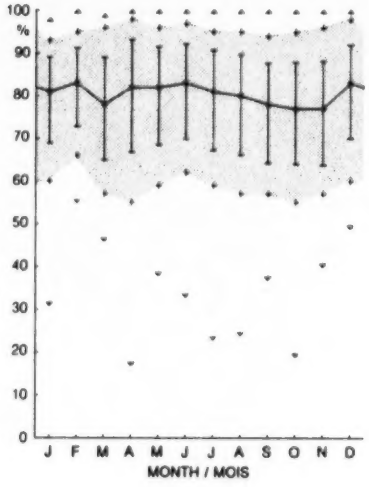
GOOD SHIPPING WEATHER
TEMPS PROPICE À LA NAVIGATION



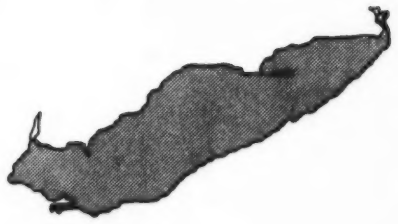
AIR TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'AIR



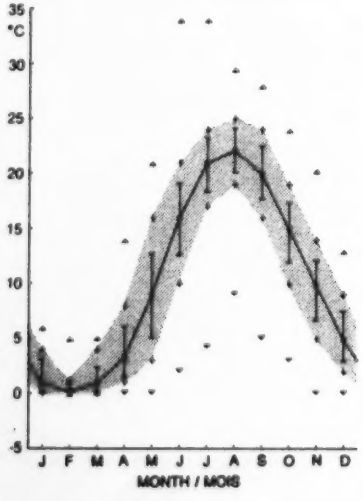
HUMIDITY
HUMIDITÉ



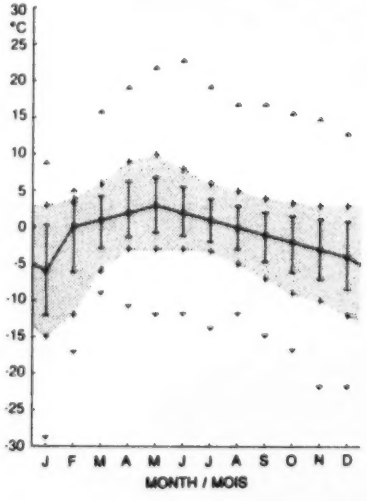
LAKE ERIE
LAC ERIE



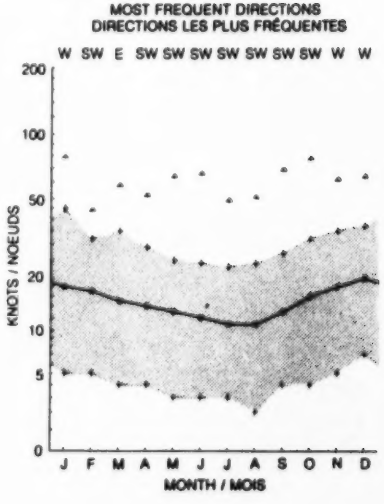
WATER TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'EAU



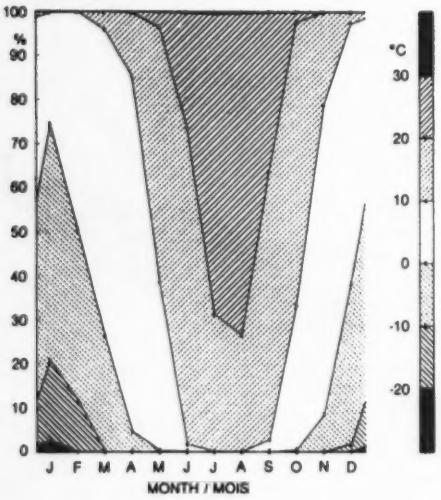
AIR-WATER TEMPERATURE
DIFFERENCE
ÉCART DE TEMPÉRATURES AIR-LAC



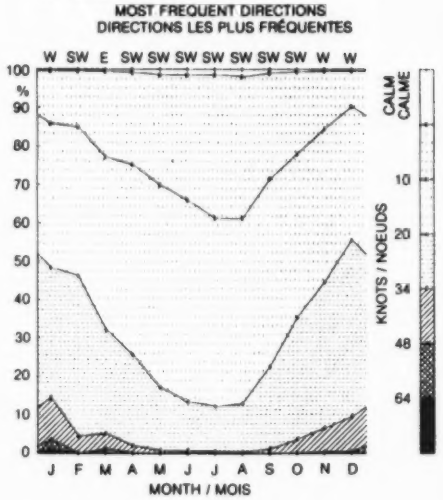
WIND SPEED
VITESE DU VENT



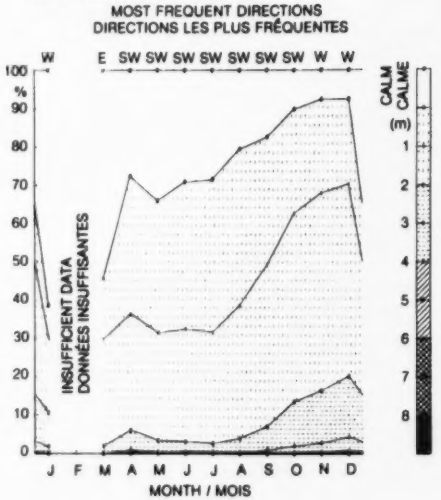
AIR TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'AIR



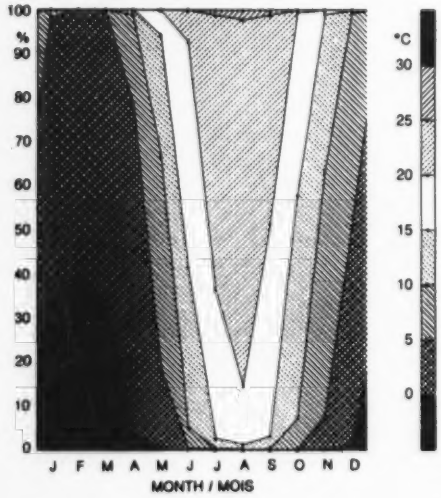
WIND SPEED
VITESSE DU VENT



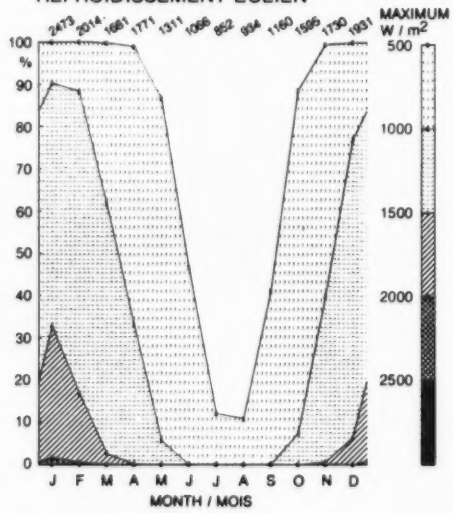
WAVE HEIGHT
HAUTEUR DES VAGUES



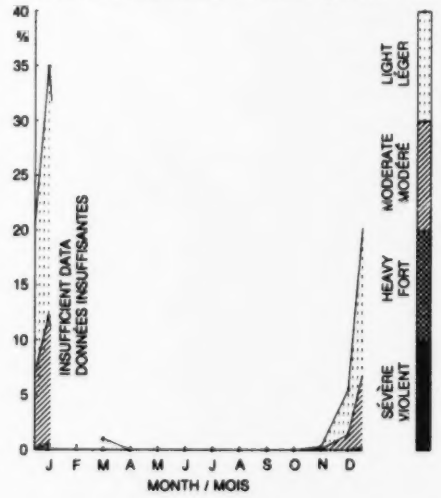
WATER TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'EAU



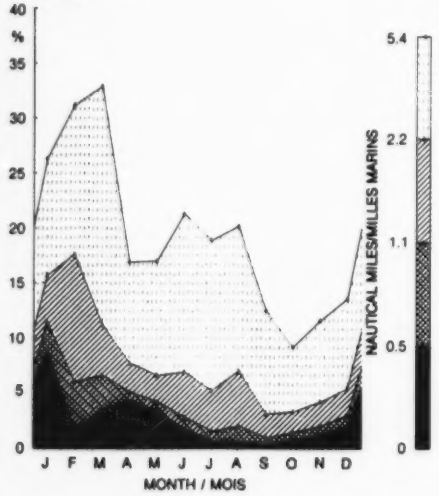
WIND CHILL
REFROIDISSEMENT ÉOLIEN



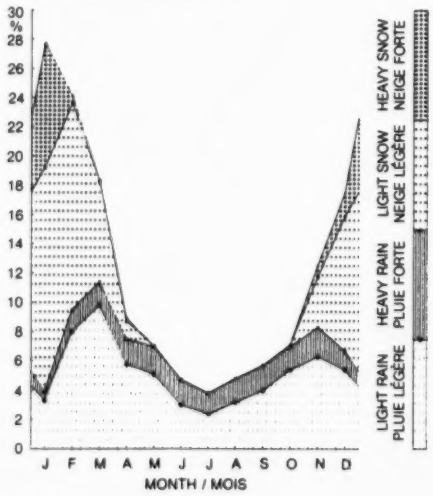
FREEZING SPRAY POTENTIAL
RISQUE D'EMBRUNS VERGLAÇANTS



VISIBILITY
VISIBILITÉ

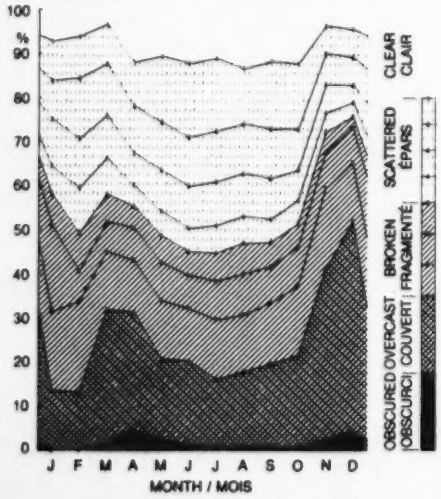


PRECIPITATION
PRÉCIPITATIONS

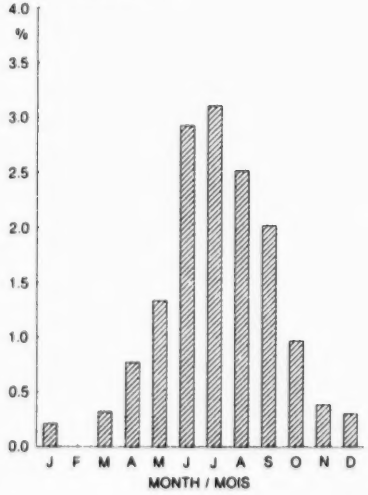


LAKE ERIE
LAC ERIE

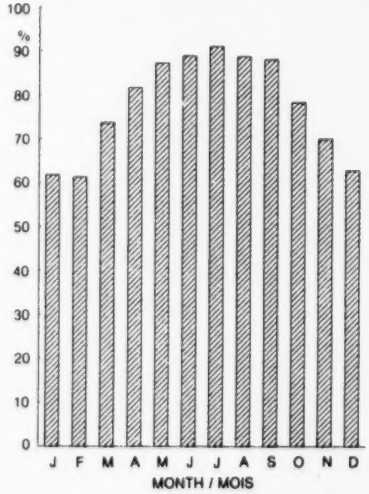
CLOUDS
NÉBULOSITÉ



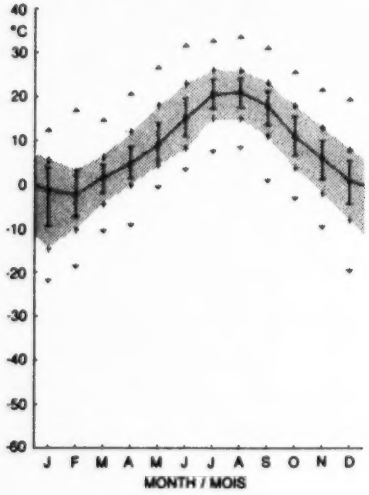
THUNDER
TONNERRE



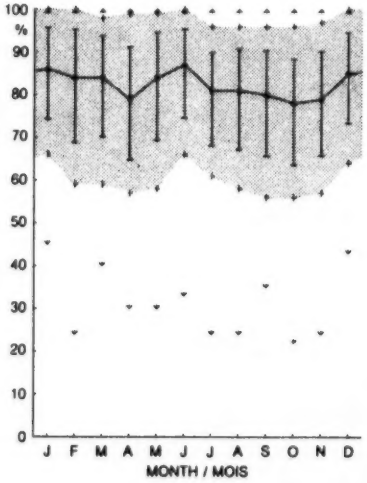
GOOD SHIPPING WEATHER
TEMPS PROPICE À LA NAVIGATION



AIR TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'AIR

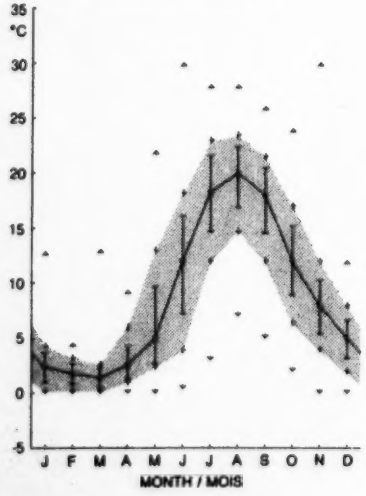


HUMIDITY
HUMIDITÉ

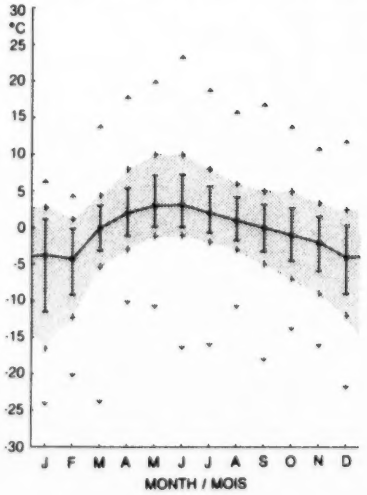


LAKE ONTARIO
LAC ONTARIO

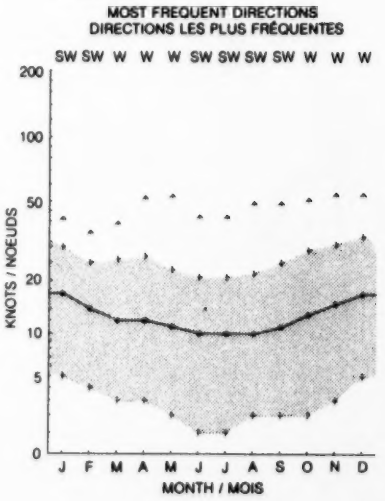
WATER TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'EAU



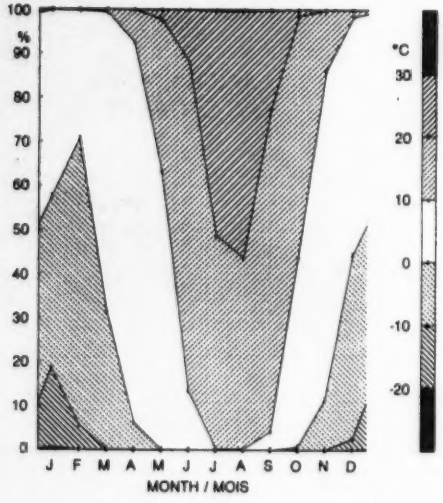
AIR-WATER TEMPERATURE
DIFFERENCE
ÉCART DE TEMPÉRATURES AIR-LAC



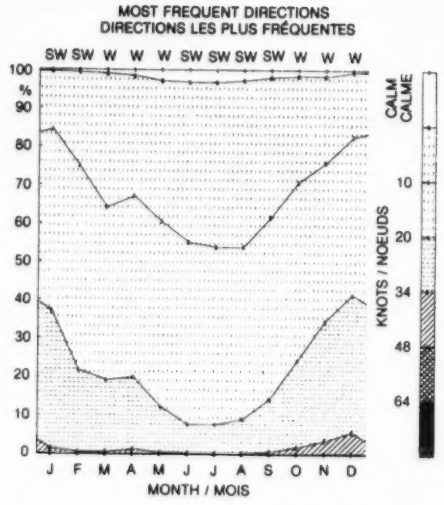
WIND SPEED
VITESSE DU VENT



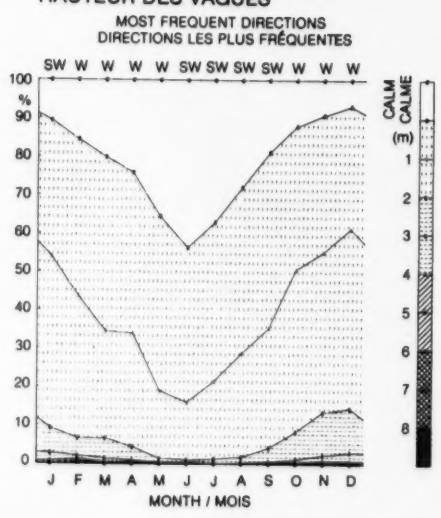
AIR TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'AIR



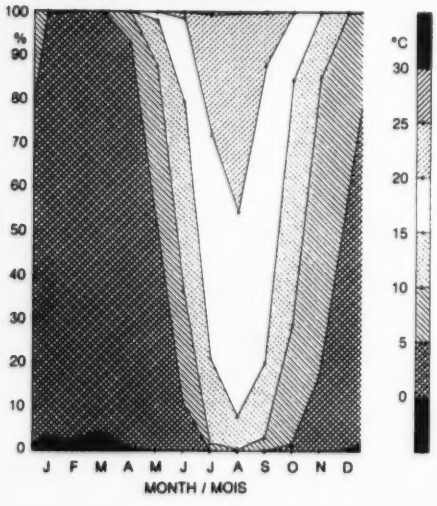
WIND SPEED
VITESSE DU VENT



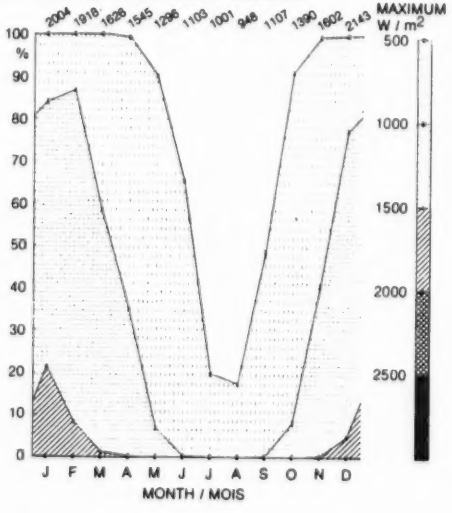
WAVE HEIGHT
HAUTEUR DES VAGUES



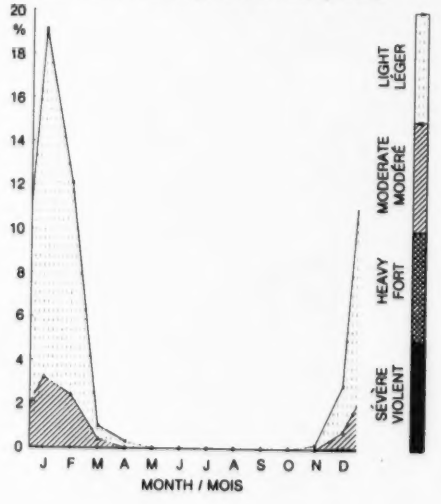
WATER TEMPERATURE
TEMPÉRATURE DE L'EAU



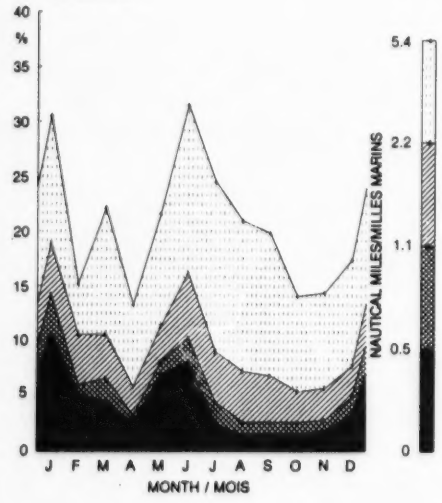
WIND CHILL
REFROIDISSEMENT ÉOLIEN



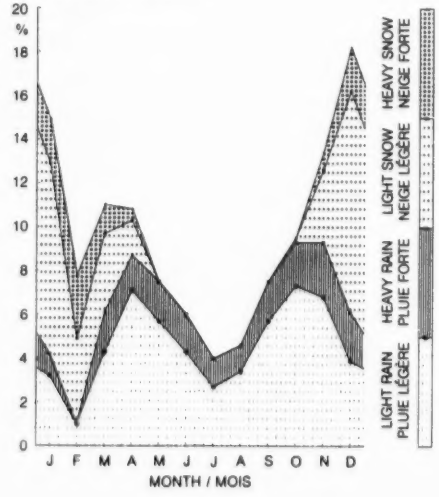
FREEZING SPRAY POTENTIAL
RISQUE D'EMBRUNS VERGLAÇANTS



VISIBILITY
VISIBILITÉ

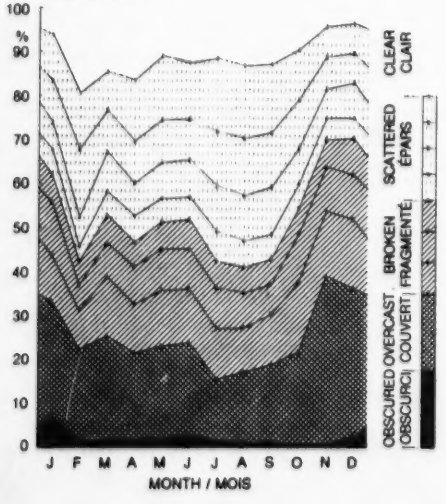


PRECIPITATION
PRÉCIPITATIONS

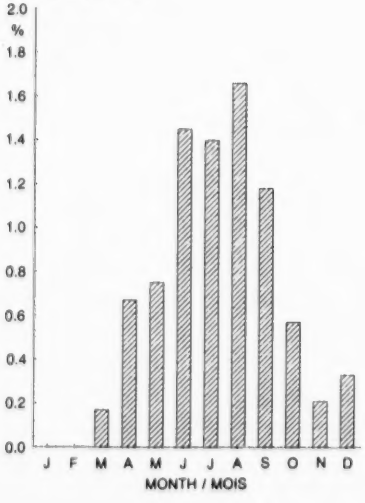


LAKE ONTARIO
LAC ONTARIO

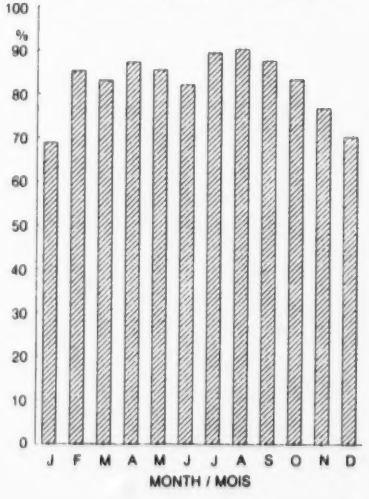
CLOUDS
NÉBULOSITÉ



THUNDER
TONNERRE



GOOD SHIPPING WEATHER
TEMPS PROPICE À LA NAVIGATION



List of References

Assel, R.A., C.R. Snider, and R. Lawrence. November 1984: *Great Lakes Winter Weather and Ice Conditions for 1982-83*, NOAA Tech. Memo. ERL GLERL-55, National Technical Information Service, Springfield, Va. 22151, 34 pp.

Atmospheric Environment Service, 1985: *Climate Information Systems Technical Manual, Version 1.0* Downsview, Ont: Hydrometeorology Division, Canadian Climate Centre, 210 pp.

Irbe, J.G.; J.J. Morcrette; and W.D. Hogg. 1979: *Surface Water Temperature of Lakes from Satellite Data Corrected from Atmospheric Attenuation.* Downsview, Ontario: Canadian Climate Centre, CCC Rep. No. 79-7, 58 pp.

Irbe, J.G. and A. Saulesleja, 1982: An Operational Program for Monitoring Surface Temperatures of Lakes and Coastal-Zone Waters in Canada from Polar-Orbiting Satellite Infrared Data. *Actes du symposium international de la Commission VII de la Société internationale de photogrammétrie et télédetection.* Toulouse, France. Sept. 13-17, 1982.

Irbe, J.G., R.K. Cross, and A. Saulesleja, 1982: Remote Sensing of Surface Water Temperature of the Great Lakes and off the Canadian East Coast. North Atlantic Fisheries Organization, Sci. Coun. Studies, 4: 31-40, *Proc. Symp. on Environment Conditions in the Northwest Atlantic During the 1970-79 Decade, Special Session on Remote Sensing,* Dartmouth, Canada. Sept. 14-16th, 1981.

Kachurin, L.G., L.I. Gashin, and I.A. Smirnov, 1974: Icing Rate of Small-Capacity Fishing Boats Under Various Hydrometeorological Conditions. *Soviet Meteorology and Hydrology*, 1974(3): pp. 50-60.

Maxwell, J.F., 1980: *The Climate of the Canadian Arctic Islands and Adjacent Waters, Vol. 1.* Ottawa, Ont: Environment Canada, Atmospheric Environment Service, Climatological Studies No. 30. pp. 339-341.

Ouvrages de référence

Assel, R.A., C.R. Snider et R. Lawrence. November 1984 : *Great Lakes Winter Weather and Ice Conditions for 1982-83.* NOAA note technique. ERL GLERL-55, National Technical Information Service, Springfield, Va. 22151, 34 pp.

Service de l'environnement atmosphérique, 1985 : *Climate Information Systems Technical Manual, Version 1,0* Downsview, Ont. : Division de l'hydrométéorologie, Centre climatologique canadien, 210 pp.

Irbe, J.G., J.J. Morcette, et W.D. Hogg, 1979 : *Surface Water Temperature of Lakes from Satellite Data Corrected from Atmospheric Attenuation.* Downsview, Ontario : Centre climatologique canadien, CCC Rapp. no. 79-7, 58 pp.

Irbe, J.G. and A. Saulesleja, 1982 : An Operational Program for Monitoring Surface Temperatures of Lakes and Coastal-Zone Waters in Canada from Polar-Orbiting Satellite Infrared Data. *Actes du symposium international de la Commission VII de la Société internationale de photogrammétrie et télédetection.* Toulouse, France. Sept. 13-17, 1982.

Irbe, J.G., R.K. Cross, et A. Saulesleja, 1982 : Remote Sensing of Surface Water Temperature of the Great Lakes and off the Canadian East Coast. North Atlantic Fisheries Organization, Sci. Coun. Studies, 4; 31-40, *Proc. Symp. on Environment Conditions in the Northwest Atlantic During the 1970-79 Decade, Special Session on Remote Sensing,* Dartmouth, Canada, du 14 au 16 sept.

Kachurin, L.G., L.I. Gashin, et I.A. Smirnov, 1974 : Icing Rate of Small-Capacity Fishing Boats Under Various Hydrometeorological Conditions. *Soviet Meteorology and Hydrology*, 1974(3); pp. 50-60.

Maxwell, J.F., 1980 : *Le climat des îles arctique et de leurs eaux au Canada. 1er vol.* Ottawa, Ont. : Environnement Canada, Service de l'environnement atmosphérique, étude climatologique no. 30. pp. 339-341.

Saulesleja, A., T. Agnew, V. Swail and T. Mathews, 1985: Climate Information Systems for Applications and Research, *Proc. AMS, Intnl. Conf. on Interactive Information and Processing Systems for Meteorology Oceanography and Hydrology*, Los Angeles, Calif., Jan. 7-11, 1985. pp. 216-222.

Sipple P.A. and C.F. Passel, 1945: Measurements of Dry Atmospheric Cooling in Sub-freezing Temperatures. *Proc. Amer. Phil. Soc.* 89. pp. 177-199.

World Meteorological Organization, 1979: Climatic Atlas of North and Central America — (Vol. I), WMO. Geneva Switzerland: WMO, UNESCO, Cartographia, Budapest.

World Meteorological Organization, 1983: *Guide to Climatological Practices*, Second Edition, Geneva, Switzerland: WMO-No. 100.

Saulesleja, A., T. Agnew, V. Swail et T. Mathews, 1985 : Climate Information Systems for Applications and Research, *Proc. AMS, Intnl. Conf. on Interactive Information and Processing Systems for Meteorology Oceanography and Hydrology*, Los Angeles, Cali., du 7 au 11 janv. 1985, pp. 216-222.

Sipple P.A. et C.F. Passel, 1945 : Measurements of Dry Atmospheric Cooling in Sub-freezing Temperatures. *Amer. Phil. Soc.* 89. pp. 177-199.

Organisation météorologique mondiale, 1979 : *Atlas climatique de l'Amérique du Nord et de l'Amérique centrale — (Vol. I)*, OMM, Genève Suisse. OMM, UNESCO, Cartographie, Budapest.

Organisation météorologique mondiale, 1983 : *Guide des pratiques climatologiques, 2e édition*, Genève Suisse: OMM no. 100.